

华为技术有限公司
深圳龙岗区坂田华为基地
电话: +86 755 28780808
邮编: 518129
www.huawei.com

商标声明

HUAWEI, HUAWEI, 是华为技术有限公司商标或者注册商标, 在本手册中以及本手册描述的产品中, 出现的其它商标, 产品名称, 服务名称以及公司名称, 由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息, 包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素, 可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此, 本文档信息仅供参考, 不构成任何要约或承诺, 华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息, 恕不另行通知。

版权所有© 华为技术有限公司 2020。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。



自动驾驶网络 解决方案白皮书

Autonomous Driving Network



CONTENTS

目录

01 1. 电信自动驾驶网络探索与实践

- 01 1.1 电信网络发展的机遇与挑战
- 04 1.2 电信产业自动驾驶网络探索与实践
- 08 1.3 华为自动驾驶网络探索实践

11 2. 华为自动驾驶网络战略与架构

- 11 2.1 华为自动驾驶网络战略
- 14 2.2 华为自动驾驶网络目标架构

24 3. 华为自动驾驶网络解决方案和产品

- 24 3.1 华为自动驾驶网络解决方案
- 26 3.2 网络极简系列产品
- 35 3.3 iMaster智能运维系列产品

69 4. 自动驾驶网络产业发展建议

74 5. 总结

75 6. 参考文献

电信自动驾驶网络探索与实践

► 电信网络发展的机遇与挑战

在历史发展的滚滚长河中，人类追求先进生产力的脚步从不曾停歇。每一次技术革命的出现，都代表了一次生产力的发展更迭，驱动人类社会迈向新的发展纪元。工业革命，电力革命和信息技术革命在过去120年间实现了人类文明的三次巨大突破，当今，以人工智能、5G、云计算为主导的第四次工业革命所带来的改变，已在悄然发生，正在塑造一个万物感知、万物互联、万物智能的世界，它比我们想象中更快地到来。



华为展望2025年行业发展趋势，大带宽、低时延、广链接的需求正在驱动5G加速商用，到2025年“全天候实时在线”将成为人与万物的“默认状态”。

GIV预测2025年

650万

全球将部署
650万基站

28亿

服务于
28亿用户

58%

58%的人口将享有
5G服务

无线工厂将持续演进和发展，智能自动化在建筑、制作、医疗健康等领域中广泛应用。与此同时，智能云和云边协同技术将成为全社会运行的基础环境。随着行业数据的不断丰富，AI算法和学习也将不断升级。

85%

云上开发的企业
应用占比

180ZB

预计到2025年全球每
年新产生的数据量

97%

大企业使用AI技术赋能
业务和管理的比例

可以说，“5G+云+AI”以及其他新技术（IoT、ICP、GIS、Big Data）共同构筑的数字平台和数字能力是每个企业智能升级的基础底座，电信产业正在深度参与并推动智能社会的发展。

蓬勃发展的万物互联和融合智能化给电信产业的ICT投资带来了新的发展机遇，同时也带来了挑战。根据OVUM分析报告显示，过去十年电信行业的收入增长从来没有跑赢过OPEX的增长，随着网络规模逐年增加，OPEX快速增长，产业结构化矛盾日益突出。



电信网络日益复杂

无线2G/3G/4G/5G形成四世同堂叠加网，核心网CS/PS/IMS/IOT等形成十域并存的网络格局。



人工运维成本居高不下

根据华为服务对1800多项典型运维活动的数据分析，95%的流程和作业节点都需要人为干预，例如家庭宽带投诉处理流程中15个流程节点、100多个作业节点都是依靠人工分析决策和孤立的辅助工具，导致要保持庞大的运维团队。随着联接数的增加和带宽的快速增长，电信基础建设不断加快，如何平衡资产利用率和提高能源效率得到最佳TCO成为重要关注，以基站和机房为例，如何有效降低能耗和提升资源利用率是影响TCO的关键因素之一。

商业变现能力不足

电信产业虽拥有大量数据和商业规模优势，但商业变现能力不足，表现在差异化的产品和服务能力不足，网络的SLA保障仍然很困难。网络拥塞导致的业务卡顿、闪断、质差随处可见，即使用户投诉后也难以精确定位和快速恢复。



新业务创新慢

与OTT相比，新业务的融合创新速度慢，电信产业新业务平均上线时间大于12个月，而AWS 1年推出300+个新业务，平均1周10个。

我们坚信，电信产业应当充分、科学、有效地融合运用智能技术，推动网络架构和运维模式演进，迈向人机协同的自动驾驶网络时代，持续带动电信产业智能升级。

► 电信产业自动驾驶网络探索与实践

电信产业一直在探索数字化、自动化和智能化，从转型前期聚焦客户服务、产品业务层，逐步延伸到内部管理运营层，再到网络层。早在2011年，电信产业就希望通过利用SDN、NFV和云技术，提升业务和网络敏捷性的同时，降低成本和复杂性。

SDN

经历了数据中心自动化，广域调优，SD-WAN等一系列探索后，网络自动化成为驱动运营商部署SDN的主导动力。

NFV

通过vIMS, vEPC, vCPE等实践提升了资源利用率的同时，通过DevOps流程和CI/CD工具链提升了产品开发效率。

但从结果来看，基于SDN/NFV技术的网络自动化仍无法完全解决未来各种应用大规模部署、网络新技术引入与扩张带来的问题。如何大规模、全流程地提升效率，并持续快速迭代地引入新技术仍然是产业共同面临的难题。

自动驾驶网络正是诞生于这一背景下，试图通过应用多种智能技术，发挥融合优势驱动电信行业从数字化迈向智能化，将对电信产业的生产方式、运营模式、思维模式和人员技能等全方位带来深远影响。

“人工智能技术是高度自动化和增强人类能力的关键催化剂。”



Gartner

当前人工智能正在从感知智能向认知智能演进，展望未来10年，通过神经网络、知识图谱和领域迁移等技术将使得电信网络自治系统的出现成为可能。通过将AI与其他技术相结合，可大幅提升运维效率，不仅可以代替人工解决电信领域大量重复性的、复杂性的计算工作，还可基于海量数据提升电信网络预防和预测能力，通过数据更懂客户，基于数据驱动差异化的产品服务，使能高度自动化和智能化的电信网络运营。

2019年5月, 电信管理论坛TMF联合英国电信、中国移动、法国Orange、澳大利亚Telstra、华为和爱立信等成员, 合作发布了业界第一部自动驾驶网络白皮书。

如图1-1提出了“单域自治、跨域协同”的三层框架与四个闭环, 给产业提供了运营商数字化转型的架构蓝图, 给产业各方的实践与合作提供顶层架构参考, 并促进产业高效合作。

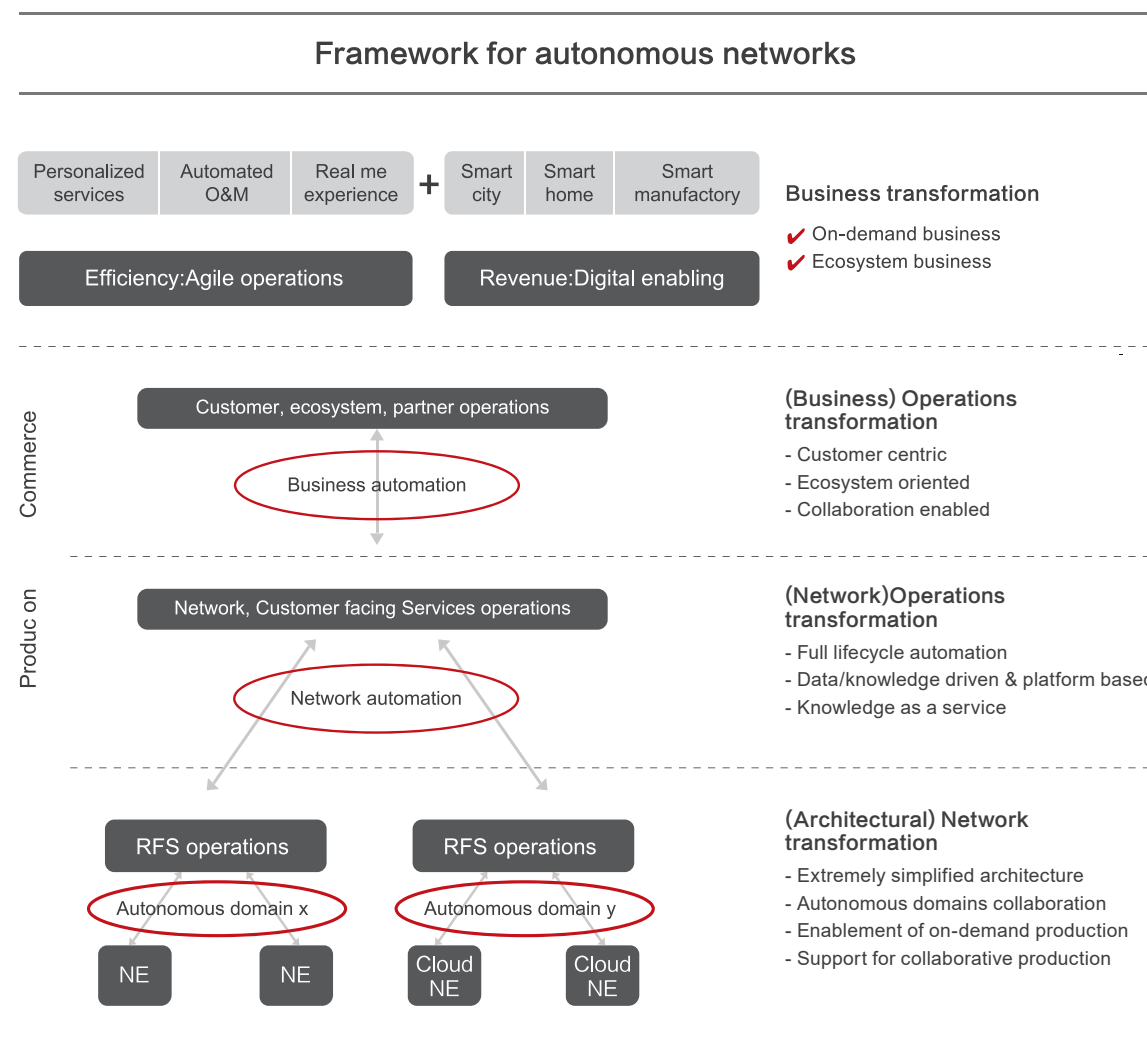


图1-1 TMF自动驾驶网络目标架构图

与此同时, 如图1-2所示, 该白皮书还进一步定义了自动驾驶网络L1到L5的高阶分级标准, 为产业的逐级递进给出了高阶参考。

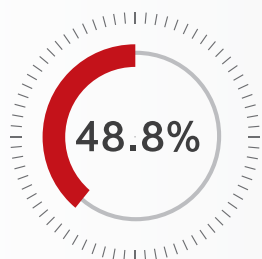
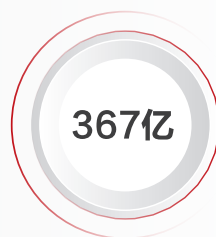
Autonomous networks levels						
Level Definition	L0: Manual Operation & Maintenance	L1: Assisted Operation & Maintenance	L2: Partial Autonomous Network	L3: Conditional Autonomous Network	L4: High Autonomous Network	L5: Full Autonomous Network
Execution	P	P/S	S	S	S	S
Awareness	P	P	P/S	S	S	S
Analysis	P	P	P	P/S	S	S
Decision	P	P	P	P/S	S	S
Intent/ Experience	P	P	P	P	P/S	S
Applicability	N/A	Select scenarios				All scenarios

图 1-2 TMF自动驾驶网络五级等级定义

- L0- 手工运维:** 系统提供辅助监控能力, 所有动态任务都需要手动执行。
- L1-辅助运维:** 系统根据预先配置, 执行某个重复的子任务, 提高执行效率。
- L2-部分自动驾驶网络:** 系统基于AI模型, 针对确定的外部环境, 系统内部分单元实现闭环运维。
- L3-有条件自动驾驶网络:** 在L2的能力基础上, 系统能实时感知环境变化, 在特定网络领域, 能根据外部环境进行自我优化和调整, 实现基于意图的闭环自治。
- L4-高度自动驾驶网络:** 在L3层的能力基础上, 在更复杂的跨多网络领域环境下分析和决策, 系统面向业务和客户体验, 实现预测式或主动式的闭环自治。
- L5-完全自动驾驶网络:** 这一层次是电信网络演进的终极目标, 具备跨多业务、多领域、全生命周期的全场景闭环自治能力。

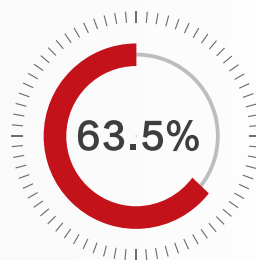
2019年10月，GSMA联合中国移动、电信、联通、华为等合作伙伴发布了《智能自治网络案例》白皮书，着重从如何按需引入AI，逐步推进网络的泛在智能化角度，进一步对三层架构中AI技术的应用特点和重点进行了阐述，并集中展示了将AI技术应用于移动网络的规划、维护、优化、业务保障、节能增效、安全防护、网络运营服务等应用场景的实践与案例，AI技术正在逐步走向成熟。

据Tractica/Ovum预测，到2025年，全球电信业对人工智能软件、硬件和服务的投资将高达367亿美元，电信行业将快速成长为全球最大的AI应用行业。



电信行业整体AI用例软件市场将以48.8%的年复合增长率从3.157亿美元到2025年增至113亿美元。

SDN/NFV和5G的大规模部署将推动2021年成为网络自动化的转折点。据IDC统计，63.5%的电信组织正投资AI以改善其基础设施建设，并重点关注于5大场景。



网络/IT
运营监控和管理



智能CRM
系统



客户服务和市场营销
VDAs (虚拟数字助手)



提升客户
体验管理



网络安全的
分析发现



网络/IT运营监控和管理将成为电信行业最大的AI应用场景，将占据2016–2025年期间电信业AI支出的61%。

自动驾驶网络已成为产业各方积极探索和实践的共同方向，也具有广阔的应用场景和商业价值，通过产业各方的共同努力，自动驾驶网络正在从梦想照进现实。

► 华为自动驾驶网络探索实践



2012年

成立未来网络实验室

致力于未来网络架构的研究与创新,持续与全球客户进行未来网络联合创新与实践。



2013年

发布SoftCOM战略

基于SDN/NFV和云对未来网络架构的影响研究，华为正式提出基于SoftCOM(Software defined Network+Telecom)理念的全云化All Cloud战略，提出通过新技术使能设备云化、网络云化、业务云化和运营云化，以价值稳步驱动云化战略，助力运营商数字化转型，实现敏捷业务和高效运维，实现以数据中心为中心的网络。



2014年

推出NFV场景化解决方案

面向市场推出基于Softcom架构的CloudCore和CloudEdge的NFV场景化解决方案

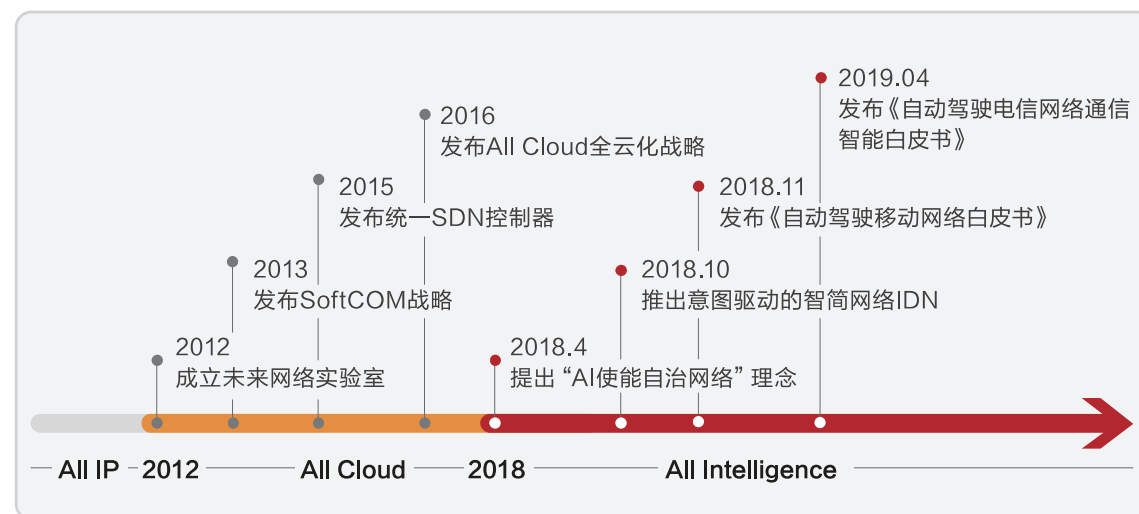
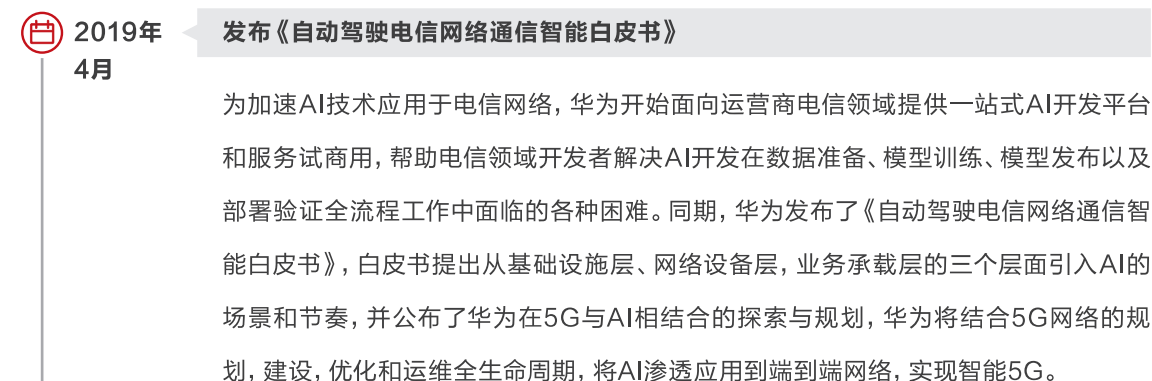


图 1-3 华为自动驾驶网络探索历程

可以说，从全云化战略到自动驾驶网络战略，华为持续在未来网络架构、运维模式、商业模式等多方面创新探索，致力于成为未来网络的“探索者、创新者和领导者”，推动电信产业的智能升级与代际演进。

华为自动驾驶网络战略与架构

► 华为自动驾驶网络战略

华为自动驾驶网络战略 (ADN) 是继华为全云化战略 All-Cloud 之后面向未来十年的战略, 旨在通过融合运用 SDN、NFV、云、大数据、AI、知识图谱等多种智能技术, 重点研究人工智能技术对未来网络架构、运维模式和商业模式的影响, 用架构性创新解决电信网络的 TCO 结构性问题, 带动电信产业的智能升级, 深度参与并推动智能社会的发展, 分享智能社会业务创新的红利, 使得电信产业始终充满活力和人才吸引力, 促进产业健康可持续发展。



面向中短期

华为自动驾驶网络 (ADN) 重点选择价值场景迭代推出系列场景化解决方案, 促进资源效率、能源效率、运维效率的三个提升, 从以网元为中心的运维转变为面向用户体验的运维, 助力运营商抓住 5G 和行业智能化的机遇实现商业成功。同时开放可编程的设计能力让运维人员具备一定的开发能力, 通过技术手段打破传统运维效率曲线, 让网络更安全、更可靠。

重构产品系统架构, 探索突破电信网络全场景、全生命周期自治闭环, 持续降低通信行业 AI 应用开发难度挖掘大数据价值, 促进从业人员技能提升和职业持续发展。结合区域和客户网络发展阶段的差异, 科学运用智能技术, 持续发展并共享最佳实践, 推动全行业的能力提升, 促进电信行业健康发展。

面向中长期

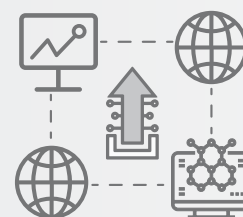
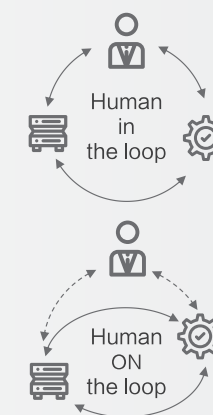
自动驾驶网络的终极目标是通过数据与知识驱动, 实现网络自动、自优、自愈, 敏捷使能新业务并实现极致客户体验, 实现资源和能源利用效率最高, 在自动、自优、自愈基础上, 网络自我演进实现自治。

自动驾驶网络的四大改变

未来自动驾驶网络对现有网络架构和运维模式都将产生深远的变革, 将会有如下四个关键转变:

转变一 从人工操作到系统自动执行

传统低效、重复性的操作工作 (如: 配置下发, 拨测, 变更, 升级等), 将被自动驾驶网络的自动化流程取代, 从依赖运维人员 “在流程中 (In the Loop)” 干预转化为运维人员 “在流程之上 (On the Loop)” 管理并设计流程 (包括规则、策略、工序等), 大幅提升操作类工作效率, 以应对未来海量联接和网络规模的繁重维护压力, 极大地缩短网络建设和业务开通的时间。



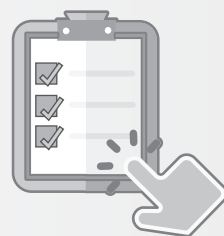
主动识别, 提升网络运行质量和业务体验

转变二 从投诉驱动的被动维护到可预测性的主动维护

从被动等待客户投诉的天级的被动运维转变为主动识别、发现、解决问题并通知客户的分钟级的主动运维, 最终通过对海量数据的深度分析实现预测性运维, 大幅增强网络异常识别和分析能力, 持续提升网络运行质量和业务体验。

转变三 从人工决策到机器辅助甚至自主决策

传统运维依赖专家经验的模式将发生转变，在一定的条件下(如特定的组网、承载技术和安全授权等)，通过数据驱动，发挥AI机器学习优势，自动驾驶网络可在人的监管之下进行辅助甚至自主决策，可增强系统应对复杂及不确定性问题的能力，大幅提升网络业务的响应速度、资源效率和能源效率等；



增强处理不确定性问题的能力



规建维优营自闭环

转变四 从体验的开环管理到体验闭环可承诺

传统“规、建、维、优”各个阶段相对独立的，上下游之间依靠流程和人工传递，缺乏全流程的数据共享与智能来保障全生命周期的体验，未来到L4和L5的自动驾驶网络，将打通全流程数据流转并实现闭环自治。在网络规划阶段，将明确网络的SLA策略包括但不限于：网络的运行质量、开通时限、修复时限、生命周期等，在建设、维护及优化等环节针对预定的SLA策略进行自动的闭环自治，确保网络及业务体验可承诺，使能差异化网络服务的商业创新。

► 华为自动驾驶网络目标架构

电信网络要想达到L5级，实现可自我演进和自我优化的终极目标，依赖网络自我认知、人的知识和经验提取等一系列基础理论和技术难题的研究突破，仍需较长的探索周期，存在可商用化的不确定性。考虑当前的技术成熟度，建议以L4级作为自动驾驶网络未来架构的阶段目标，有节奏地引入正在逐步成熟的人工智能、知识图谱等新技术、新工具和新方法，对网络设备、运维系统，甚至商业运营进行全方位的重构与优化。

从技术视角看，L4级自动驾驶网络目标架构应当具备如下四个基本特征：

1 特征：

网络知识和专家知识数字化，从被动的人工运维，走向预测性的智能运维

当前运营商网络主要还是以专家人工运维模式为主，网络问题发生后，通过客户投诉驱动，专家通过OSS、网管或工具辅助进行人工分析、决策和闭环，难以满足未来海量连接、网络规模不断增长、业务云化的按需开通等诉求，需要进行如下三方面能力提升：



预测性问题感知能力：基于对海量网络数据的深度分析，主动分析网络状态，甚至提前预测网络异常或问题，并且及时提供根因分析结果，先于客户感知问题，并且在投诉之前解决。



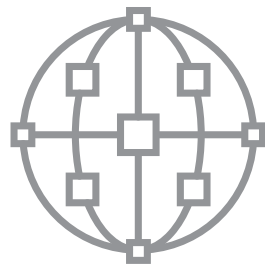
网络自主决策能力：在一定的条件下，如确保运维人员监管下，针对特定的组网与业务场景，由网络进行自主决策，大幅提升网络对复杂和不确定问题的闭环和响应速度，提升网络能效。



网络自动执行能力：通过流程自动化，替代专家工作任务中低效、重复性的人工操作部分。专家由过去“在流程中(In the Loop)”转变成“在流程之上(On the Loop)”，聚焦于更为关键的管理和流程、规则的设计工作。

而网络数字化和专家知识数字化，则是实现上述能力提升的关键前提和基础：

第一，网络数字化是实现网络自动化执行能力的基本前提，为网络状态感知、分析，以及AI训练与推理活动提供网络数据，包括网络的资源、业务数据，也包括运行状态、故障、日志等动态实时数据。过去三十年中，围绕电信网络的资源、业务数字化一直在进行。随着5G网络的演进及AI的引入，原有网络数字化模型，需要面向网络新业务和场景，进一步扩充与修订。首先需加入时空属性，从时间和空间两个维度增强描述网络历史、现状和未来的能力。其次网络层和设备层的分层感知和决策闭环过程中，都需要增加数据的数量和确保数据的实时性。



第二，专家知识数字化，运营商和网络设备提供商在多年的网络运维过程中，积累了大量管理规则、排障方法等专家知识和经验，以多种形态散布在设备运维手册、网络运维规范等不同的智力资产中。在网络自动化闭环过程中，需要将这些分散的、供人理解的知识注入到计算机中，形成集中的、供计算机理解与使用的知识库。结合AI技术，计算机可以更快、更好地使用这些知识经验在网络自动化分析、决策、闭环中发挥关键作用。当前，通过将知识图谱等方法和技术应用到电信网络中，在网络故障智能识别和闭环处理等场景中应用和推广，已取得较好成果。



AI技术的成熟和商用是个渐进和长期的过程，当前电信网络中，AI主要被用来提升网络智能化感知能力，或者通过智能化推荐，帮助提升专家人工决策的效率和质量(L2/L3级)，还处于初始的阶段。相信随着网络认知能力、知识提取等基础理论和技术的不断突破，AI会进一步被用来针对特定网络领域，进行自我优化和调整，实现有条件的闭环自治(L3级)，也可以针对多网络实现预测式主动闭环自治(L4级)，高效率的自主决策会越来越多地替代人工决策。

2 特征： 极简架构的网络基础设施，网元走向智能化

网络基础设施走向极简，一方面，组网和设备自身全面做减法，覆盖设备形态、部署、协议、架构四个层面：



设备简化（Lightweight equipment）：设备一体化、刀片化、高密化、模块化；



弹性部署（Elastic implementation）：站点云化、自动部署、预连接预安装、异构兼容；



协议归一（Normalized protocol）：协议精简，逐步实现统一；



架构创新（Agile architecture）：架构解耦、扁平化，多网合一、资源池化；

另一方面，网元也要做加法，增加智能化和数字化能力，引入更多的感知器件，对资源、业务及周边环境的感知能力越来越强，具备多维实时感知能力，包括业务流、资源、拓扑状态、运维事件、自身能耗等；其次，网元内置AI算子和AI推理单元支持AI推理能力，网元越来越聪明，单个设备也能具备一定的智能自主感知与决策与闭环能力。

3 特征： 分层的单域自治和跨域协同，网络走向在线实时闭环

随着电信网络演进，新设备的可调节参数越来越多，支持的业务场景和组合也越来越复杂，多厂家、多技术、多软硬件版本共存，已经成为常态，网络架构的复杂性与分散性，大大增加了网络运维的复杂度与成本。

从网络运维角度，需解决两个问题：

第一

是如何通过分而治之的策略，将复杂网络分解为多个自治域，通过单域自治和跨域协同的思路实现复杂和超大网络的自治闭环。

网络自治域是运营商依据其业务特点、网络技术、维护模式等差异性，划分的一组智能化网络基础设置及其网络管理和控制系统的组合。



单域自治

- 单个自治域可自主完成数据采集、分析、控制、优化的完整闭环过程，并对外提供意图化API接口，简化网络操作，屏蔽内部实现细节及差异。简而言之，单域自治的网络将作为一个系统运行，其自主水平会越来越高，会感知自身状态，根据外部用户、应用、运维流程和环境的动态变化，智能化推荐可能的组网选项、配置模型与策略等，进行主动或预防性的调整优化，网络走向在线实时闭环。

第二

是如何面向运营商的业务生产、运维流程提供灵活设计与编排的运维平台，让传统僵化、被动的人工运维转变为数据驱动的智能运维AIOps。



跨域协同

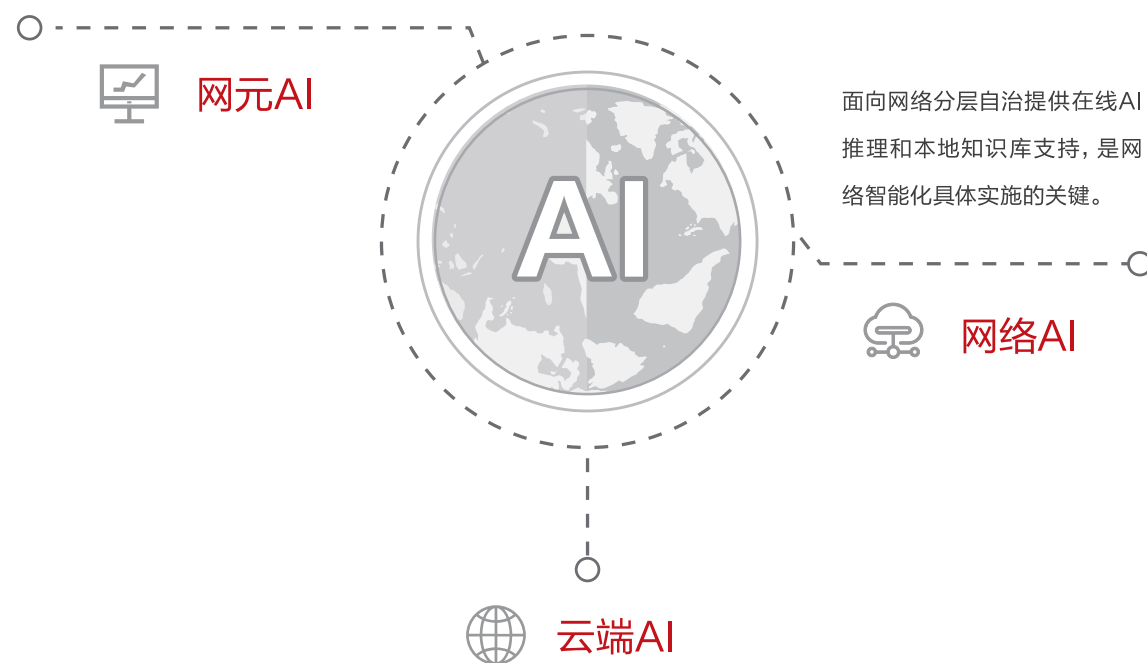
- 首先，网络自治域的开放可编程是基础，网络自治域聚焦抽象网络技术，通过提供面向场景的意图化API接口，实现业务与网络资源解耦，允许面向业务场景、组网方案、运维流程和知识进行灵活定义、全局编排和数据训练等，支撑运维流程的持续再造和优化。
- 其次，运营商和网络设备提供商在多年的网络运维过程中，积累了大量管理规则、排障方法等专家知识和经验，以多种形态散布在设备运维手册、网络运维规范等不同的智力资产中。在转型过程中，需要将这些分散的、供人理解的知识注入到计算机中，形成集中的、供计算机理解与使用的知识库。同时使能运维工程师在机器的协助下发挥更大的价值，未来会出现“网络策略师”、“编排工程师”、“数据分析师”等新型运维人才岗位，人仍将在意图设计、异常处理、关键决策上发挥重要的作用。
- 面向新型运维人员，需提供Design Studio的设计平台和可编程框架，让他们以No code、Low code、Pro code敏捷迭代的方式开展智能运维工作。



4 特征： 统一的云端AI训练、知识管理和运维设计平台，支持电信网络迭代演进

未来的运营商网络，需要从**云端、网络、网元**三层，建立相互协同的AI能力。

聚焦网络数据的实时采集和过滤，并实现实时性本地快速闭环。可以说，正是统一的云端AI训练、知识管理和运维设计，让能支撑电信网络持续动态迭代和智能升级。



一方面作为统一和集中化AI设计和开发平台，既是运营商持续进行AI训练和知识提取的开发态敏捷工具，又是网络知识和专家知识实现数字化的源头。

另一方面，云端AI还提供运营商关键的知识发布和共享能力，是“知识中心”和“图书馆”，减少重复的开发和训练过程。

为保证三层AI之间高效协同，首先，它们应当使用一致的AI规范，包括AI模型规范、知识规范和推理过程规范等，确保AI模型、知识的合理流动和共享。

其次，运营商网络按子网/按领域运维、业务易变动等特点，也决定了运营商网络AI三层架构需具备如下独特能力：



AI模型的泛化和局点适应性能力

运营商不同子网，由于业务形态、组网方式、运维规则等差异，网络数据的分布也存在多样性，依据一个子网数据训练出的AI模型，向其他子网应用和推广使用时，可能存在泛化和局点适应性难题，这要求AI推理部件中，必须提供相对完善的AI模型泛化和本地再优化的能力。

AI模型的持续演进能力

运营商网络组网和业务的变更和升级，可能会要求AI模型、网络知识同步更新升级，这要求云端AI、网络AI和网元AI须协同，支持对AI模型、网络知识的持续演进升级。比如，利用AI进行网络故障诊断时，如果设备新版本的告警定义关系发生较大变更，或站点组网增加蓄电池，故障传播关系可能发生变化，这可能会要求AI模型中的聚类算法和故障传播规则等同步升级。



面向未来的自动驾驶网络变革中，AI将无处不在，贯穿整个E2E网络全生命周期的改造和演进过程。网络数字化和专家知识数字化、极简架构的基础设施和网络分层自治都是实现这一宏伟目标的核心和基础。

综上所述，电信网络要想实现自动驾驶网络L4级的架构目标，需要一个清晰的，可供产业参考、形成共识的目标架构来指导生产实践落地。基于此参考架构，运营商可以自上而下系统性地评估和梳理现有OSS系统、综合网管、厂家网管/控制器和网络设备在内的现有架构，由此制定满足自身实际需要的，切实可行的演进路标。华为基于丰富的产品实践以及全球客户联合创新，提出图2-1的自动驾驶网络参考目标架构：

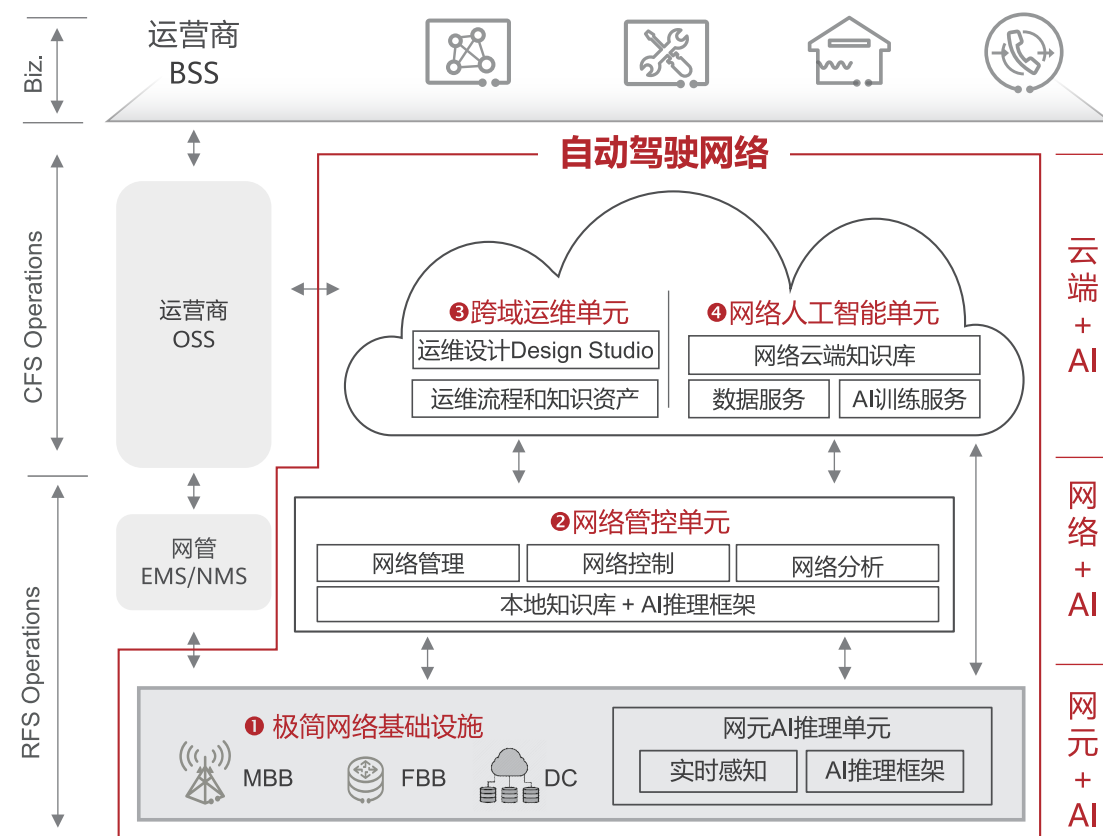


图2-1 自动驾驶网络参考目标架构

- 极简的网络基础设施是走向智能和分层自治的自动驾驶网络的基础和根本保证。
- 一方面，以更简洁的网络架构、协议、设备和站点、部署方案，抵消超高带宽和海量连接带来的复杂性，提升全生命周期的效率和客户体验。
- 另一方面，网络设备引入更多的实时感知器件和AI推理能力，越来越聪明，不但增强对资源、业务及周边环境的数字化感知能力，还具备在数据源头做感知分析与决策执行的边缘智能能力。



极简的网络基础设施



网络管控单元

- 融合网络管理、网络控制和网络分析三大模块，通过注入知识和AI模型，将上层业务和应用意图自动翻译为网络行为，实现单域自治闭环，让网络连接或功能的SLA可承诺。
- 网络管控单元通过网络数字建模方法，将离散的网络资源、业务、状态数据关联起来，建立完整的域内网络数字化高清图，实现网络数据采集、网络感知、网络决策和网络控制一体化。
- 同时，通过持续从云端注入新的AI模型和网络运维知识，不断强化与丰富本地化的AI模型库和网络知识库，让本地的智能化感知和决策能力不断优化增强。



03

智能运维平台

- 提供运维流程和知识资产与运维可编程设计框架的平台与云服务，面向聚焦运维流程的打通和灵活的业务编排，允许根据自身网络特点，快速迭代开发新的业务模式、运维流程及业务应用，这是运营商实现业务敏捷的关键，同时赋能新型运维人员的技能提升。



04

网络人工智能单元

- 提供网络领域的人工智能平台和云服务。
- 一方面，是网络AI设计和开发的基础平台，支持对上传到云端的各种网络数据，持续进行AI训练和知识提取生成AI模型和网络知识成果，并可注入到网络基础设施、网络管控单元和跨域智能运维单元中，让网络更好用，越用越智能。
- 另一方面，它也是运营商智力资产共享中心，运营商面向规、建、维、优过程开发和训练出来的各种AI模型、网络知识等成果在网络人工智能单元统一管理，充分共享和重复使用，减少重复开发和训练。网络人工智能单元包括云端的AI训练、数据服务、网络知识库、AI应用市场等基础服务和能力。

华为自动驾驶网络解决方案和产品

► 华为自动驾驶网络解决方案

自动驾驶网络（ADN）秉承“把复杂留给自己，把简单带给客户”的哲学思想规划、设计和开发相关产品。自动驾驶网络（ADN）包括网络极简和智能运维两大系列产品，通过三层AI的开放架构“给网络以智能，给运维以平台”，加速运营商数字化和智能化转型。



ADN解决方案面向FBB、MBB和企业网络三大网络领域推出场景化的子解决方案帮助运营商提质增收和降本增效，包括5G智能运维，电信云智能运维、5G企业切片、5G智简承载、品质专线，品质宽带，智简DCN和园区等子场景解决方案。



如图3-1所示，基于自动驾驶网络目标参考架构，通过在边缘、网络和云端三层引入AI，包括云端的网络人工智能单元iMaster NAIE和智能运维单元iMaster AUTIN，网络层的网络管控单元iMaster MAE和iMaster NCE，以及内置AI能力的网络基础设施。

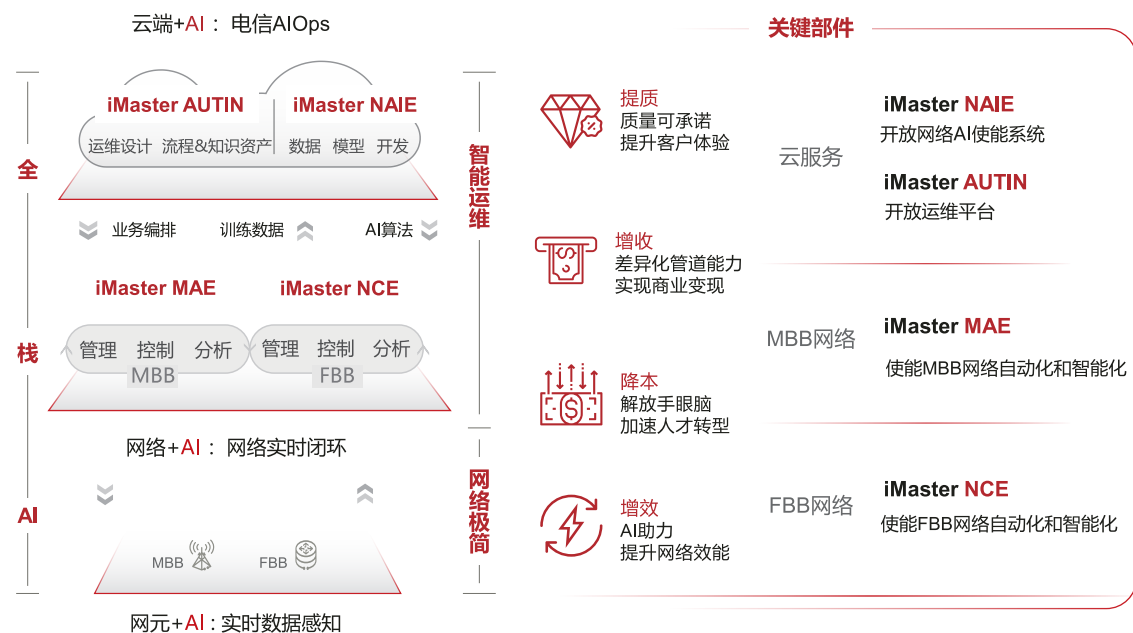


图3-1: 自动驾驶网络解决方案全景图

面向FBB网络领域

- iMaster NCE向下管理和控制固定接入网络、IP承载、光承载、数据中心网络和企业园区网络。
- 向上与云端的iMaster NAIE集成实现数据重训练和AI模型的更新迭代。
- 与iMaster AUTIN集成实现模型及流程的二次可编程以灵活适配不同客户的IT环境与管理流程, 提供品质宽带、品质专线、5G承载X-Haul、智简城域、智简DCN和园区等子解决方案。



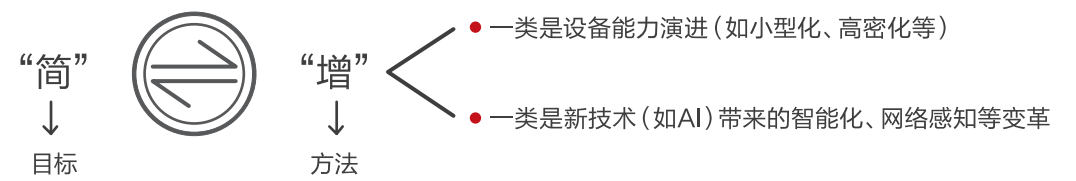
面向MBB网络领域

- iMaster MAE向下管理和控制无线接入网络、移动承载和云核心网络。
- 向上与云端的iMaster NAIE实现数据重训练和AI模型的更新迭代。
- 与iMaster AUTIN集成实现模型及流程的二次可编程以灵活适配不同客户的IT环境与管理流程, 提供5G E2E智能运维、融合电信云等子解决方案。

网络极简系列产品

网络极简的目标是为了减少使用者在进行网络获得和网络使用等活动中的复杂度、减少投入、降低成本而提供的产品与方案集合。对运营商而言, 网络的建设与使用变得更加简单。但对网络设备而言, 却常常相反, 可能需要提供更复杂的功能和能力。

例如, 为了减小基站的体积和重量, 以便省去对吊车的需要、以及资金和时间的投入, 需要在设备层面提升性能密度、使用新的材料、采用新技术和新架构。



因此“简”和“增”是相对的, “简”是目标, “增”是方法。在“增”中, 一类是设备能力演进（如小型化、高密化等）, 一类是新技术（如AI）带来的智能化、网络感知等变革。

“简”



架构极简: 通过多网合一、功能集中资源池化、云化架构、运营维护难度简化;



协议极简: 通过协议精简、引入能力更强的新协议, 简化业务配置、优化维护流程;



设备简化: 设备一体化、刀片化、高密化、设备功能融合, 体积更小, 简化规划、建设难度;

“增”

网元AI推理能力: 在网元内置AI算子和神经网络推理单元, 在线实现模式或特征匹配, 实现网元本地的AI推理应用;



网元的实时感知能力: 具备多维实时感知能力, 包括业务流、资源和拓扑状态、运维事件等;

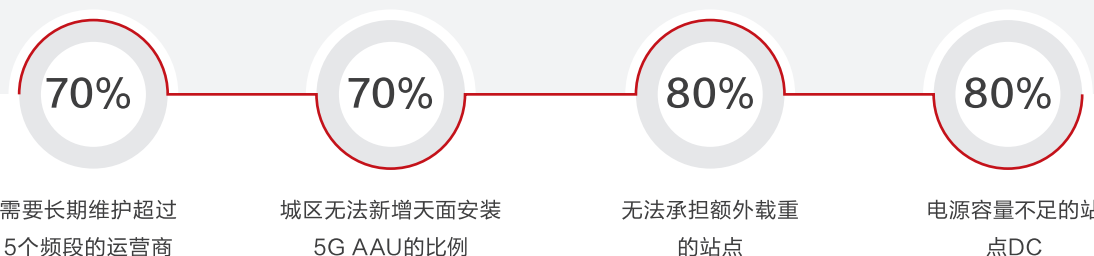


和云端和网络管控端的协同: 网元的能力和云端和网络管控端做协同, 通过云端和网络管控端让边缘更智能;



极简无线站点

随着5G业务的发展, 全球运营商纷纷加速5G建设。如何更好地构建和维护5G网络, 是大多数运营商迫切需要解决的问题。



在无线站点设备设计上, 需要考虑以下几点:

第一



避免对站点基础设施的改造, 如天面免加固或加杆; AC、电源模块免扩容。

第二



提高设备能效, 减少站点能耗, 如射频和基带等模块持续进行低功耗设计创新, 根据业务量实时调整, 按需开启和关闭站点设备。

第三



站点设备全制式设计, 频谱动态按需分配, 如射频和基带设备需要支持向5G演进, 支持LTE&NR之间全场景频谱共享。

第四

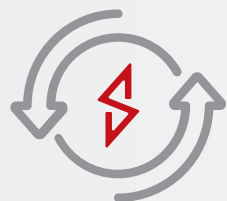


随着每比特速率的提升, 基站对无线资源需要更精细化的管理, 提升无线的实时数据分析能力, 最大化资源利用率。

华为提供全场景的站点极简解决方案，提供敏捷无线网络。

高度简化

基站采用刀片式AAU/BBU/Power，有源无源天线高度集成Blade AAU，支持2/3/4/5G多个频段，全室外安装，无需新增抱杆或机柜，实现了无线站点的高度简化。

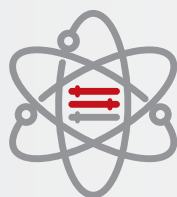


能效提升

基于AI对2/3/4/5G业务分析，各制式协同工作，按需动态开启和关闭设备，降低10~15%站点功耗。

频率利用率提升

支持LTE&NR之间全场景频谱共享，使能全频谱向5G平滑演进。



站点智能化

通过对站点设备内置AI推理框架具备更精细化的无线资源管理能力，最大化资源利用率，实现用户体验的提升。

极简全光网

在移动通信5G时代全面到来的同时，固定网络也发展到了第五代（F5G），高品质，低时延，高可靠，灵活连接成为普遍需求，业务多样化导致多种网络接入重复叠加，管理复杂，多网建设又导致运营成本高。迅猛发展的业务，迫使网络容量不断提升，如何提升资源利用率，利用现有的光纤资源、网络资源支撑业务发展成为迫切的需求。5G带来行业市场的机会，千行百业行业用户的极致体验要求，对当前的电信网络带来前所未有的压力。

极简全光网的规划，通过整合接入、汇聚网络，给用户以网络获取简单和极致的业务体验，重点从下面几个方面考虑：

- 首先，采用融合全光接入，简化网络层级，提升用户体验；
- 其次，通过技术手段提升网络资源利用率，在现有的光纤、机房、人力基础上，实现网络精细化管理，实现网络敏捷高效；
- 再者，通过技术手段，使网络边缘对业务可感知，满足5G时代千行百业的差异化业务需求。

全光融合接入

一张光网承载家庭用户、企业用户、5G承载场景，在接入段，采用端到端的动态切片技术，全方位的网络保护能力，实现对不同业务提供差异化的SLA；





网络资源利用率和性能提升

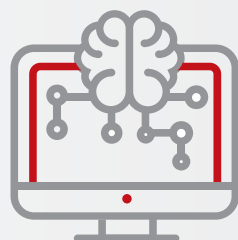
采用新架构、新技术大幅度提升网络资源的利用率和网络性能, 例如:

- 业界首创OXC光交换单元实现全光调度, 节省大量的人工连纤工作, 多柜合一场景最多节省90%空间, 开局、扩容光层调测时间减少80%以上;
- 在光网元设备上采用Super C波段技术, 大幅扩展频谱, 在现有的骨干光纤上提升50%以上的带宽, 通过自研芯片, 突破性的实现单波800G的带宽;
- 在现有的OTN基础上, 采用架构创新, 从5层映射简化到2层映射, 延时减少了70%;
- 精细化管道管理资源分配粒度, 从原来最少分配1.25G带宽细化到2M带宽分配, 资源利用率提升10倍以上;

配合设备内置AI能力

提升对网络资源、状态、业务的感知, 例如:

- 对光纤故障、应用品质等进行实时感知和预测, 主动预测光纤故障驱动重路由, 大幅提升重路由性能;
- 终端侧通过应用识别驱动加速, 提升低时延应用体验;
- 通过主动分析光纤劣化趋势驱动智能光层调优和预警, 显著提升光网可用性等, 最大限度的满足用户对高品质网络需求。



极简承载网络

传统多层的承载网络架构过于复杂, 不同业务独立承载, 运维难度大、建设成本高。同时, IP协议种类多、配置复杂, 无法匹配自动化的需求。此外, 5G时代多业务、复杂的SLA直接影响到网络的运维高效性和用户的业务体验。

因此, 在5G极简综合业务承载网的设计上, 需要考虑:

第一



网络简化, 面向MBB、家庭宽带、企业专线的承载网络融合, 减少网络数量, 降低规划设计难度, 节省建设投资; 设备融合, 节省机房空间, 降低租赁费用。

第二



协议简化, 减少IP协议数量, 匹配网络自动化。

第三



运维智能化, 网元具备感知联接业务SLA的能力, 通过和控制层协同, 提升网络安全性和网络状态感知。



华为提供意图驱动的承载网解决方案，实现网络数字化转型，主要包括：

节省建网成本

采用全业务IP设备实现MBB、家庭宽带、企业专线的统一承载，同时网络扁平化，节省建网成本。



简化业务协议

按需E2E部署SRv6协议，采用SRv6协议实现协议配置极大简化，源节点一次性配置业务路径，实现业务快速发放。同时华为设备支持MPLS/SRv6双栈，对4G业务仍采用原有MPLS 协议逐点配置，对原有业务无影响；通过软件升级可平滑支持SRv6协议，减少协议升级带来的硬件更换成本。

网元智能化

支持联接业务SLA的遥测感知和边缘智能处理，同时通过内置AI推理框架，从云端下载、运行AI算法，实现对网络资源、状态的感知，例如：联接业务SLA健康度调优、网络告警智能压缩、实时异常检测等功能。



极简核心网络

核心网的特点是云化部署为主、网元众多、位置关键。云化部署和网元众多带来核心网复杂而大量的配置、升级、维护等工作。位置关键要求核心网非常可靠，要做大量测试。这两个“大量”导致业务建设和变更TTM周期长（通常需要3~9个月）。

因而在极简核心网的架构设计上，需要考虑

第一 优化网络架构，简化拓扑，采用全局拓扑自动管理，简化部署维护成本；



第二 融合2/3/4/5G核心网，实现数据面、控制面、用户面融合；



第三 MEC边缘网元自动化设计，提升部署效率。



华为帮助运营商构建极致敏捷、极简融合和极致效能的极简核心网。



- 首先提供华为全容器化5G核心网，采用Global-Local架构匹配未来百亿连接诉求，2/3/4/5G数据融合降OPEX，软件采用微服务架构，版本发布敏捷，灰度升级，在线测试，大幅度缩短TTM；
- 其次华为的融合语音解决方案，可实现一个语音核心网处理固网和无线2/3/4G的语音业务；

- 华为的边缘一站式全业务集成实现All-In-One，业务支持动态加载、独立升级，提升整体性能50%~100%；



- 基于华为核心网，华为还提供网元设备边缘智能处理和网络感知，提升用户体验，例如：基于AI的的包深度分析，实现加密视频QoE感知、IP智能选路、网络调优、网络安全预测等功能。

► iMaster智能运维系列产品

电信网络的传统运维模式面临等诸多挑战，2019年华为服务面向全球1700多张网络提供了



从过去几年华为服务的数据分析发现



平均80%的运维活动仍依赖人工干预

网络运维面临的规模挑战以每年5%的速度持续增长



面向未来，网络更为复杂，以人为主，孤立运维工具为辅的运维模式将难以为继。将iMaster智能运维系列产品应用于运营商“规、建、维、优”的生产流程与作业过程中，实现“业务敏捷开通、事前智能预警、事后快速定位、夜间无人值守、远程自动化运维”等一系列智能运维目标，成为网络运维模式迈向人机协同时代演进的必然趋势。

2020年，华为面向全球上市了自动驾驶网络解决方案旗下iMaster智能运维全系列产品，包括：



网络人工智能单元iMaster NAIE



跨域智能运维单元iMaster AUTIN



MBB网络管控单元 iMaster MAE



FBB网络管控单元iMaster NCE

FBB网络管控单元 iMaster NCE

华为iMaster NCE定位于FBB网络领域的网络管控单元，向下可管理固定接入网、IP承载网、光承载网、微波承载网、数据中心网络和企业园区网络。

旨在构建FBB网络的数字孪生，实现域内自治闭环，开启以用户体验为中心的自动化和智能化网络时代。



iMaster NCE 基于统一的云化架构，融合管理、控制与分析系统于一体，引入大数据和人工智能技术，实现对域内网络集中管理、控制和分析，支撑FBB网络的“规、建、维、优”各环节用户和业务的全生命周期的自动化和智能化诉求，还具备按不同网络技术域、业务域所需的按需部署和灵活扩展能力。iMaster NCE通过北向接口开放、API可编排、南向可集成的三层开放可编程能力，可根据客户应用场景和业务特点自主编排、快速适配并迭代开发。

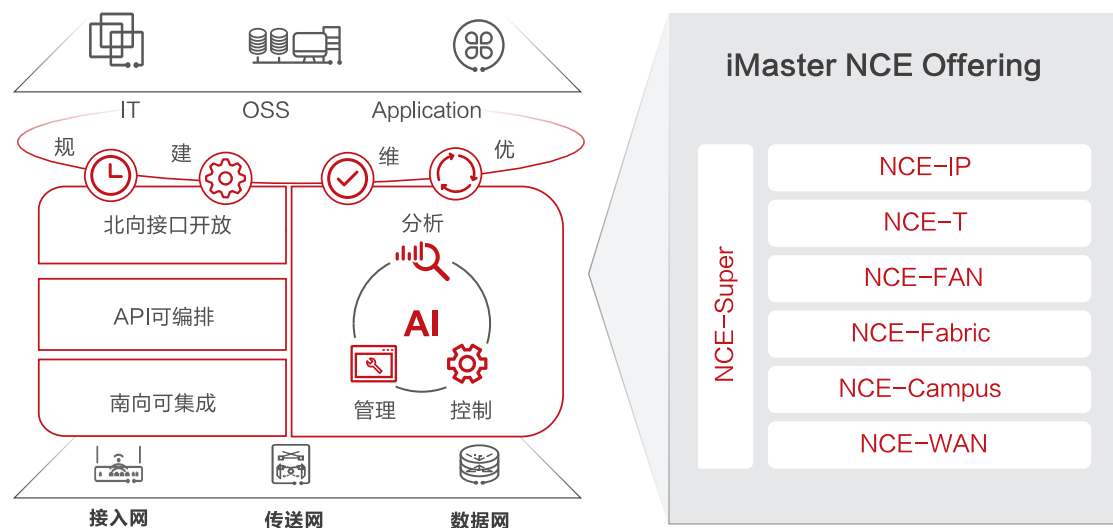


图3-1: iMaster NCE产品架构与Offering

iMaster NCE作为FBB网络领域的智能中枢，具备以下三大特点：

● 管控析融合，实现以场景为中心的自治闭环



iMaster NCE融合传统网管系统、SDN控制系统、性能流量分析系统等于一体，将分割在不同的系统和流程中的网络数据、业务数据以及用户体验数据统一到一个平台中，拉通数据模型，针对不同场景的业务提供场景化意图API或APP，将外部商业和业务意图自动转换为网络语言，并基于层次化的网元、网络、业务、客户和应用模型进大数据分析提供实时洞察和决策建议，驱动FBB网络自调整、自优化和自愈自治。

● 云地协同，AI使能预测性网络维护



iMaster NCE部署在客户网络本地，通过Telemetry协议实时采集网络和业务端到端的原生网络数据，通过为不同的分析和决策模型注入人工智能算法，持续对模型进行本地中短期在线自动训练和云端iMaster NAIE的中长期离线训练，提供网络流量实时可视和预测、网络故障自动识别和预测、业务体验历史回放和预测等等功能，让网络从靠投诉驱动的被动运维转换为靠数据分析驱动的预防性维护。

● 开放可编程，使能开放APP生态



iMaster NCE提供可编程的集成开发环境Design Studio和开发者社区，实现南向与第三方网络控制器或网络设备对接，北向与云端iMaster NAIE、iMaster AUTIN以及第三方IT应用的快速集成，允许客户灵活选购华为提供的原生自动化和智能化APP，也允许客户自行开发或通过第三方系统集成商进行APP的二次开发与集成。

iMaster NCE应用于品质宽带场景

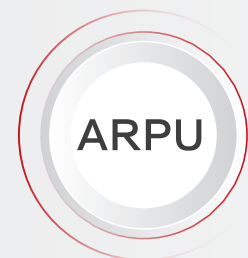
海量用户接入、日趋复杂的家庭组网及无源PON网络给家宽网络的运维带来了极大挑战。iMaster NCE品质宽带方案通过管控析融合,大数据及AI智能分析能力,帮助运营商大幅提升运维效率减少无效上门,并围绕用户体验提升获取更多增长。

首先,家宽用户投诉中,50%的问题与家庭网络有关,25%的问题与PON光路有关。而传统方式下,运营商仅管理到ONT,家庭网络内部是个“运维黑盒”,缺乏有效的运维手段,造成60%以上的问题都依赖于上门处理。

iMaster NCE通过分段测速、故障自动识别和一键诊断等功能实现1分钟远程定界和分钟级故障主动分析,无需坐席专家进行人工关联分析,实现快速排障并提供优化建议,针对配置类故障支持自动调整和优化。



同时,数据分析表明家庭网络是带宽压抑的瓶颈,以某运营商为例,200M套餐普及率已经高达68%,但76%的用户体验带宽都远小于200M。



iMaster NCE通过持续的大数据采集及分析,可精准识别质差用户和带宽压抑瓶颈点,变投诉为机会,推广家庭WiFi的高级组网服务,实现了客户体验和套餐升级的ARPU值的双提升。

其次,PON光路存在线路长,施工场景复杂等问题,特别是性能劣化类故障难以定位,需要工程师现场逐段排查确认,普遍存在用户问题解决时间长、满意度低、处理效率低等挑战。



iMaster NCE持续采集OLT实时运行状态和KPI指标,基于PON光路拓扑自动还原能力自动识别PON网络典型故障类型以及发生位置,能够智能识别弱光原因和弱光位置,从而达到有针对性地弱光主动整改,提高整改效率。



iMaster NCE应用于品质光专线场景

企业上云已是大势所趋，调查显示以政府部门、金融机构、行业大客户为主的高端客户群占据运营商专线收入超过70%。



但这几类客户对专线品质的需求较高，包括高可靠、低时延、快速开通、自服务以及硬管道隔离等。iMaster NCE提供时延地图、快速开通、带宽预约BoD、专线SLA保障等价值应用，有效帮助运营商在售前、售中、售后界面提供差异化的优质服务。



售前阶段

- iMaster NCE提供专线业务时延精准可视、可承诺能力，市场销售人员能通过时延地图实时评估站点间时延、带宽、可用率是否满足租户需求，实现网络资源快速匹配和差异化能力的价值变现。



售中阶段

- 业务快速开通是运营商的关键竞争力之一，iMaster NCE提供CPE即插即用以及业务快速开通能力，让CPE安装调试从原来4~6小时降低到30分钟，并通过与运营商BSS/OSS系统集成，可实现分钟级的业务开通。



售后阶段

- iMaster NCE不仅提供实时的专线业务SLA可视化管理，还提供光网健康预测能力，主动分析每条光纤和波道的健康情况，提前预测故障发生风险并预警，从而提前规避网络风险和业务中断，避免不满足业务SLA而导致的赔款。

iMaster NCE应用于5G承载场景

5G基站数量相对4G大幅增加，业务配置工作量也将大规模增加，传统人工分层配置方式在5G时代面临工作量大、技能依赖高，易出错的问题。

- 首先，iMaster NCE提供ZTP的极简部署方案，提供5G承载网的接入环设备快速上线和自动开通能力，从而可减少NOC中心人员值守时间。
- 其次，iMaster NCE面向2B市场创新提供承载分片自动化能力，提供分片自动部署、可视运维和按需扩容的全生命周期智能运维能力，使能5G面向2B行业快速服务、快速创新。

在承载网运维层面，iMaster NCE在5G承载场景提供基于随流遥测技术的智能运维，支持大规模网络KPI的实时采集和汇聚分析，实现每个基站业务的承载侧时延、丢包等SLA的微观可视，1分钟感知到故障；



同时配合全网动态IP路由分析和还原能力，对劣化或故障业务快速启动随流、逐跳的分析，5分钟快速定界到故障网元或链路，缩小故障根因范围。

基于知识图谱的AI算法，针对故障点典型故障进行深度分析，已实现7大类200多种典型故障的自动识别和根因分析。

iMaster NCE应用于数据中心场景

随着各行各业数字化转型的不断全面深入，大量新业务上线、业务变更频繁，业务急速上线的诉求十分迫切，如某银行全年业务变更超过2000次，业务部门要求当日15:00前工单当日毕、15:00后次日毕。虽然SDN方案的成熟广泛商用解决了逻辑网络自动化布放的问题，但应用上线网络开通、变更过程仍存在大量手工衔接操作，变更频繁更是导致人为差错高发。

据统计，近40%数据中心网络故障由人为差错导致。



iMaster NCE
与客户业务结合

通过对客户业务和网络意图的理解和翻译，推荐适当网络部署方案，使能业务端到端自动化发，实现意图的全生命周期自动化闭环。

iMaster NCE
提供仿真校验模块

以现网配置、拓扑和资源信息作为输入，通过网络建模和形式化验证算法，基于现网仿真剩余网络资源是否足够，呈现详细的连通性互访关系，分析和评估变更对原有业务影响。

因此，网络工程师能够通过iMaster NCE预先评估变更风险，彻底解决设计逻辑漏洞等人为问题，保障网络配置零差错。

在运维阶段，大量应用如移动支付、秒级抢购等要求秒级响应，这导致上层应用先于网络感知故障并投诉，网络承担巨大压力。其次，网络故障定位主要依靠专家经验，逐段定界、逐流分析、抓包定位，效率十分低下。数据分析表明数据中心网络平均故障修复超过70分钟。



iMaster NCE通过Telemetry技术实现对全网管理面、转发面和数据面的全流采集，基于业务体验全面评估网络健康度，实现未发生故障主动预测，已发生故障1分钟感知；

基于华为独有AI算法进行深度特征挖掘和学习，实现7大类75种典型故障3分钟定位根因；



基于智能决策系统，分析故障影响并推荐优选故障处理预案，实现典型故障5分钟快速恢复。

iMaster NCE应用于企业园区场景

随着企业数字化的快速发展，园区网络正在朝着无线化，云化，智能化的方向加速发展，新业务的不断涌现，指数型增长的网络规模、各数字化业务的频繁上线/调整/体验保障，都对园区网络的管理和运维造成了巨大的挑战。

iMaster NCE集园区网络的管理、控制、分析和AI智能功能于一体，实现了网络的全生命周期的自动化管理以及智能运维。

在网络的规划和部署阶段

iMaster NCE支持基于业务意图驱动的一站式网络规划、部署和策略自动化发放功能，加快上线速度。

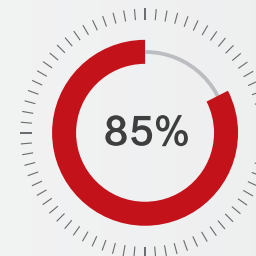


在商业门店、酒店等中小园区网络场景

客户只需选择对应的行业场景和业务需求，网络拓扑自生成、设备自上线、业务自发放，将门店网络的部署时间从3天减少到0.5天。

在维护阶段

iMaster NCE基于动态基线和多种AI算法，实现网络故障的预测和分析，故障识别率达85%



通过部署在云端的智能学习引擎持续进行训练、丰富故障知识库，使得近90%的网络故障可得到分钟级的响应处理。



MBB网络管控单元 iMaster MAE

华为iMaster MAE定位于MBB网络领域的网络管控单元，向下可管理无线接入网和云核心网。它在云化网管的基础上，将AI、大数据、自动化等技术应用于MBB网络运维场景，实现MBB网络自治。

iMaster MAE作为华为MBB领域的自动化引擎，其核心功能包括：

- ① 作为移动网络的控制核心，是管、控、析融合的网络引擎。MAE让网络具备场景感知与识别、网络预测、自我学习等新能力。
- ② 围绕网络规划、部署、维护、优化和业务发放等网络生命周期，匹配客户的工作流程，构建面向全场景的解决方案。
- ③ 通过分层的闭环自治，屏蔽移动网络的复杂度，场景化的业务API接口，与客户工作流高效协同，简化业务 workflow，协同运营商向网络自治目标演进。



iMaster MAE-M应用于无线接入网

随着5G网络的部署应用，在未来相当长的时间内，移动运营商将面临2G/3G/4G/5G NR多制式并存、频段日趋复杂以及业务多样化的局面，这将给网络运维、性能提升以及业务体验保障等带来诸多挑战，移动网络的OPEX上升的压力更大。因此，要解决OPEX上升的挑战与压力需要有突破性的架构和方案。

iMaster MAE在融合了传统网管系统的基础上，引入了云化和AI能力后进行架构和Use Case的双重突破创新，具备以下三大特点：

从以网元为中心的管理转向以场景为中心的智能运维

- iMaster MAE作为实现MBB域自动化的控制引擎，基于云化数据平台和强大的网络预测推理能力，提供各种场景化解决方案，高度匹配运营商的部署、维护优化和业务发放等场景的工作流程，实现各场景的端到端闭环自动化。

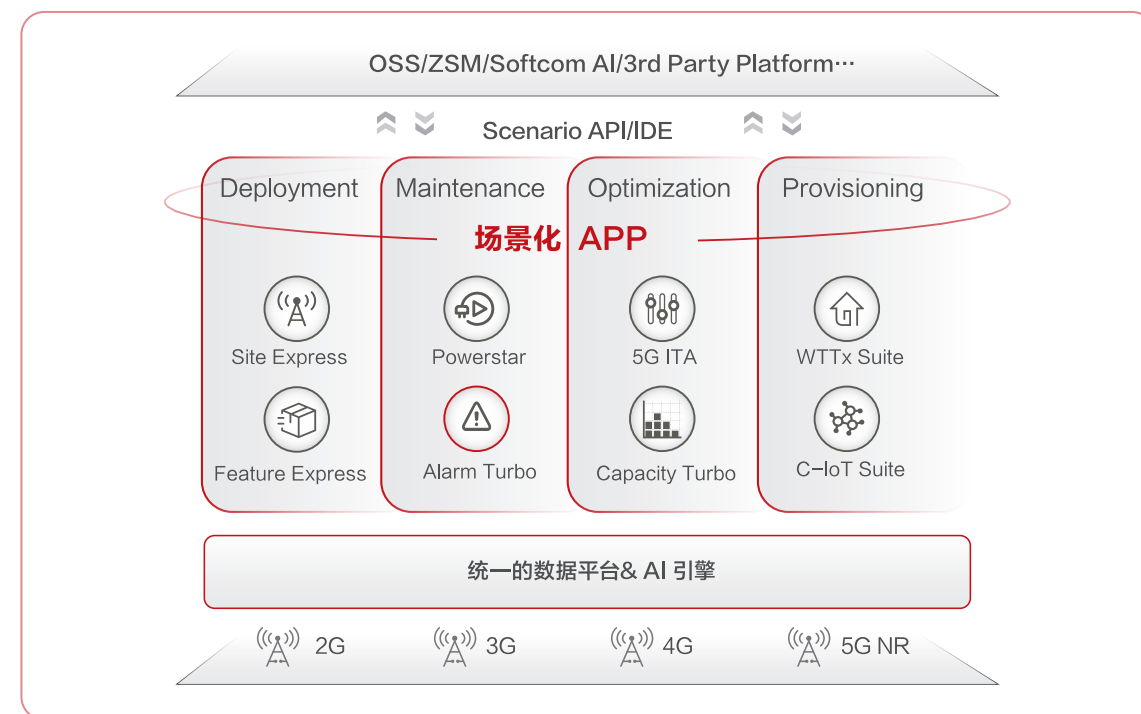
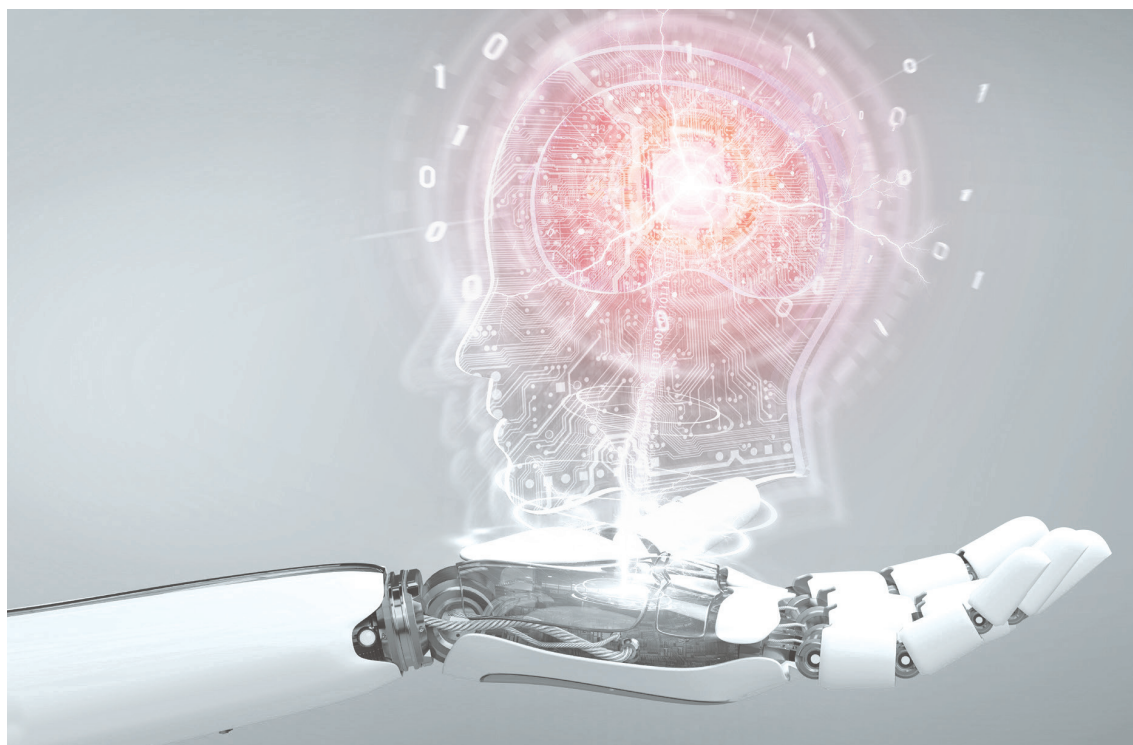


图3-2: iMaster MAE无线接入场景化应用全景

AI-Inside

- 移动网络与AI技术深度结合后，将从云端、网络和站点三个层面分层构筑自动化能力，这三层是分层自治的，可以作为最小的单元独立闭环，同时又是垂直协同的。
- iMaster MAE作为移动网络的核心，内置华为公司统一的AI推理框架，AI模型注入的能力，使移动网络可基于用户测量数据分析具备场景感知与识别能力，基于用户策略以及话务模型自动分析生成网络优化策略、提供多参数自动寻优决策建议等，将上层业务和应用意图自动翻译为网络行为，并持续保障网络连接和性能，实现MBB单域的自动化管理和控制。
- 同时，站点的边缘AI聚焦场景匹配、数据收集与提炼，及低时延智能算法等能力的构筑，进行实时的数据分析与短时延的智能推断，以最大化资源利用率，比如更精细化管理无线信道状态等。



基于意图化API的网络开放

- 移动网络和业务都在持续发展和变化中，同时移动网络架构又是极其复杂的，因此要快速适配网络和业务的变化发展需要有网络具备开放的能力。iMaster MAE提供面向运维生态的开放平台，提供场景化的API和面向开发者的开发套件。通过场景化的API接口封装移动网络的复杂性，网络与上层系统之间的交互将从指令级到降低意图级，简化运营商的对接复杂度，实现极简的垂直协同。

客户通过WTTx Suite的场景化API

可以一键式快速获取准确的WTTx套餐发放建议。基于开发套件，客户也可以自己开发应用，快速定制APP，以此来更好适配不同运营商的差异化运维需求，重塑客户工作流程。



客户基于iMaster MAE的站点部署场景化API

客户可以在数周内快速自定义编排适配目标网场景的5G站点部署 workflow APP，打通站点部署各流程间的断点，实现一键式启动站点部署 workflow，缩短站点开通时间。

5G无线接入网络价值用例



5G站点部署上线场景

- 在面向5G演进的过程中，运营商需要考虑当前存量网络中的站点类型，硬件类型，以及组网方式等多种因素，此外在NSA组网中还要考虑4G锚点站的建设，因此5G站点部署的场景复杂多样，增加了部署的难度。
- 结合客户网络中的站点部署经验，通过把全球的专家经验、项目的经验等固化到智能运维平台系统平台中，在部署时iMaster MAE通过Site Express提供的开放流程编排能力匹配各种差异化的站点部署场景，通过接口开放打通部署环节各个流程的断点，结合硬件自识别，场景库及规则库等实现了站点交付环节的硬件自检测，参数自配置及站点自验收。
- 当5G站点部署完成后，网络通常还存在大量的基础KPI性能问题，例如弱覆盖，过覆盖，越区覆盖，以及切换异常问题，但无线网络的空间多样性以及时变特征决定了网络的动态和复杂性。

提升站点交付质量

提升站点部署的并发度和准确性

提升站点集成效率

iMaster MAE将AI应用于性能优化阶段

- 基于AI实现场景感知与识别区分道路、场馆、室内室外等场景，以及对话务、用户体验的预测分析能力，提前感知场景变化趋势。
- 基于用户策略及话务模型自适应生成网络优化策略。
- 基于AI算法实现在线迭代寻优，实时调整优化网络，达到性能最优。



5G网络维护优化场景

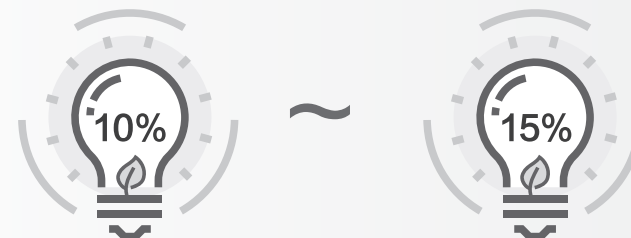
- 网络的安全可靠运行是运维阶段的重要使命，其中故障及时发现与快速修复是关键。其中网络故障处理一直是网络运维中非常消耗人力的环节。



根据某运营商的数据统计，每个月将产生高达百万的告警，工单数量超过7千个，平均故障恢复时间长达480分钟。

- iMaster MAE的Alarm Turbo基于现象汇聚和知识图谱等智能化算法，变被动分析为主动预防，智能化多维数据分析定位故障根因，从人工分析故障到实现根因的自动分析，实现故障的监控、分析、定位到修复的全流程自动化，能够有效降低告警数量，分钟级地精准告警定位分析有效减少无效工单，缩短故障恢复时间，提高无线网络的稳定性。
- 未来基于告警、性能与网络数据的趋势分析，实现告警与故障提前预测和自愈，提升主动预防式故障处理的能力，实现故障运维处理的全自动化。
- 其次，iMaster MAE助力PowerStar解决方案从设备到站点到网络侧的三级节能，极致助力网络实现高效节能。

通过网络级共覆盖自动识别、多制式协同节能及AI的精细化节能策略，使节能范围更广，节能时间更长，在保证KPI稳定的前提下，可助力实现10%~15%能耗节省。



5G网络业务运营场景

- 无线家宽业务由于其便捷安装、单bit成本低等优势，已成为5G时代移动运营商的新基础业务。为适应不同家宽业务套餐的个性化需求，无线网络资源需要与业务需求进行自动化适配，以保障个性化的业务体验。无线家宽的快速发放、发放后精准评估、网络发展规划等环节成为新业务发展的关键。

iMaster MAE的WTTx Suite

- 基于现网网络数据采用AI分析生成定制化的频谱效率特征库,并针对网络的容量预测分析,为家宽业务基于提供精准的放号建议, 智能调度实现移动网络多业务的协同发展。
- 在家宽业务发放后, WTTx Suite结合无线网络数据和用户数据关联分析, 能帮助运营商分析用户体验,有针对性的进行用户主动管理, 以及提供客户投诉处理建议。
- 同时, WTTx Suite提供开放对接的能力, 与营业厅系统, 客服系统等商业运营系统对接,支持客户集成一套自动化的闭环放号流程。



- 5G除了给个人和家庭带来丰富的用户体验, 还可使能千行万业。因此面向行业应用, 网络的运维运营思路要有全新的转变。从传统的提供“Best Effort”的网络能力转变为以SLA需求为中心的体验可保障的网络运营。通过SLA Coverage实现了对行业业务意图的精准转译, 并基于AI的精细化信道级仿真评估满足行业SLA需求的网络资源, 通过Add-on架构实现灵活的网络资源弹性隔离, 基于公网快速部署专网, 并对业务性能进行在线监控及行业需求的预测, 保障行业SLA需求的满足。

iMaster MAE在核心网应用

在5G时代, 随着NFV、切片、MEC和微服务等技术的引入, 核心网网络愈加复杂, 管理对象增多, 变更操作更加频繁, 这些运营维护所面临的挑战给运营商带来了新的OPEX压力。同时, 伴随着垂直行业应用的快速发展, 差异化网络服务的商业变现诉求和行业新业务应用的快速上线也成为了运营商重点关注的方向。



为解决OPEX上升的压力与网络商业变现的挑战, 需要核心网进行架构级的创新。

iMaster MAE应用于核心网, 通过对核心网管理域的EMS、MANO、NSMF、NSSMF、MEAO、MEPM和智能运维平台的融合, 并创新引入AI、数据原生和自动化等技术, 实现核心网管控析融合、云边协同、能力开放, 助力运营商打造智能、极简、敏捷的5G核心网。



具体而言有三大特点：

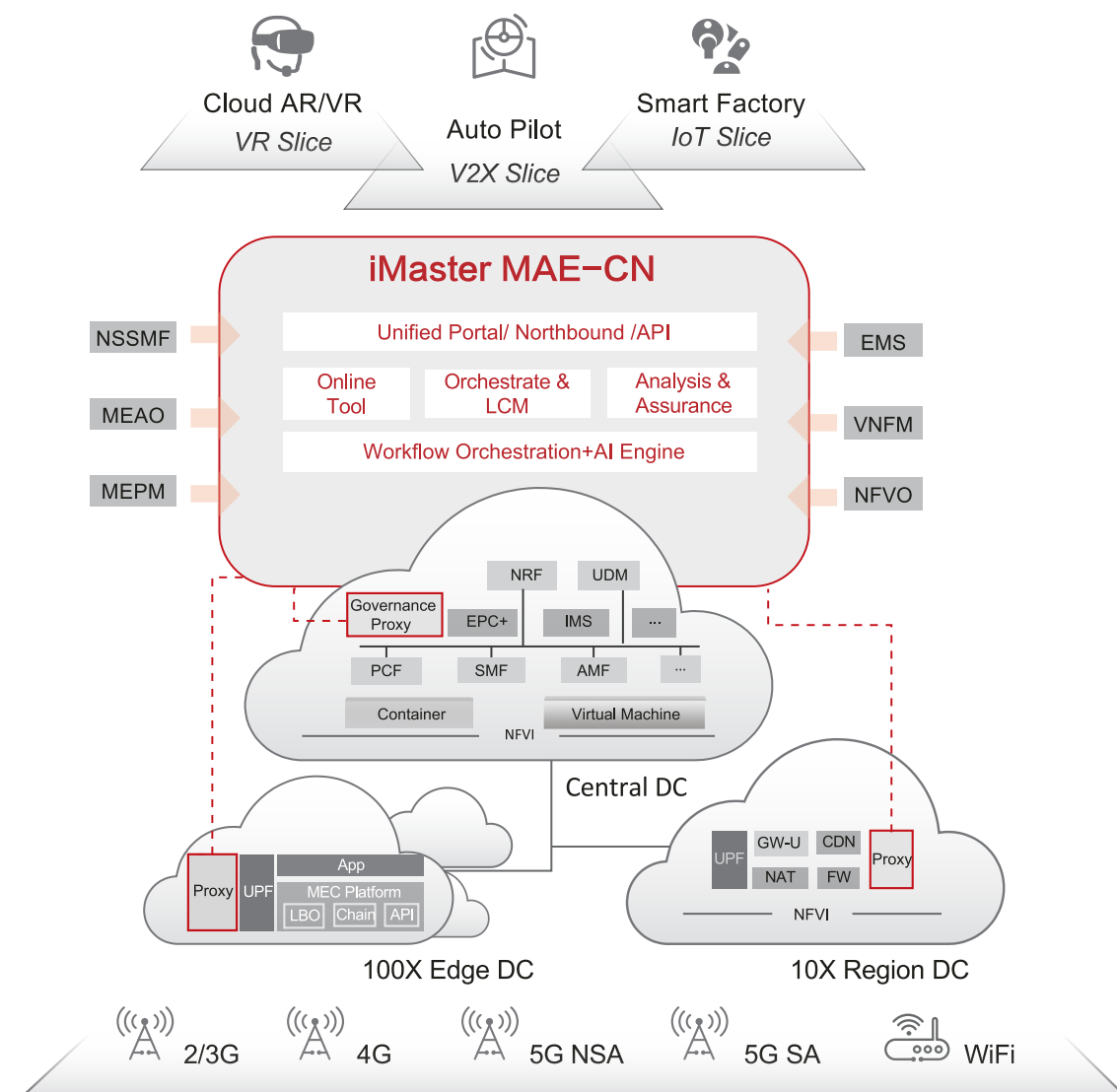


图3-3：iMaster MAE核心网应用产品架构

管控析融合

- 将云化网络中的管理域模块（EMS、VNFM、VIM、NSSMF、MEPM）和编排域模块（NFVO、MEAO）进行融合，同时引入数据原生和大数据分析模块，增强了闭环控制流程中的分析单元、策略单元和执行单元，使得网络可以基于商业意图或智能策略，动态、灵活地调整网络业务、配置参数和虚拟资源等。

云边协同

- 中心管控自治和边缘管控自治协同工作。中心管控自治位于中心云管理面，主要实现用户意图洞察、全网数据采集、全局性策略模型的集中训练及推理、网络闭环控制等功能，聚焦低实时性的网络级闭环自动化；边缘管控自治位于近网元侧，实时分析采集到的网络数据，基于训练出的策略实现高实时性的网元级闭环控制。二者共同实现了核心网域内的端到端闭环自治。

网络能力开放

- 5G时代的行业应用是网络商业变现的新机会窗口，对于各垂直行业（如工业互联网、车联网、智慧医疗、智能服务机器人等）多样化的网络功能及SLA需求，通信网络需要具备定制化的开放能力。目前提供面向网络切片和MEC的开放能力，切片开放能力主要实现面对海量垂直行业对网络功能及SLA水平的不同诉求，在设计阶段每个行业可以“量身定做”切片模板，使得切片资源可以灵活适配业务诉求；MEC开放能力主要实现应用动态按需部署、租户运维监控等能力，大幅改善用户体验，满足区域类（如企业园区）的业务低时延、业务本地化等诉求。

5G核心网价值用例

5G切片场景

- 针对5G切片场景提供端到端的自动化能力，帮助运营商实现自动化的切片管理，助力行业租户业务快速发放，提供切片的模板化设计编排、一键式切片部署以及自动化SLA监控与保障，实现切片的全生命周期管理。

- 在切片设计环节，匹配各行业差异化需求，提供丰富的基础切片模板，并支持图形化拖拽式在线定制化设计。
- 在切片开通环节，基于一系列具备自学习能力的切片业务建模，实现切片订购、切片实例化、切片验收测试的全自动化，使能各行业新业务快速TTM。
- 在切片运维环节，提供切片SLA自动化智能监控，实现切片SLA异常和劣化的早期智能预防和识别，异常报告自主推送。



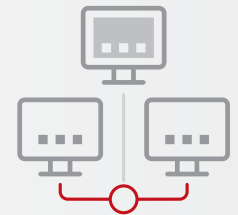
- 支持切片级自动弹性实现切片资源的动态合理分配、资源需求的秒级实时响应；作为基于自学习策略的SLA保障中心，决策触发跨域的SLA优化流程，实现切片E2E优化措施闭环。

MEC场景

- 支持MEC边缘设备即插即用，第三方APP快速上线，通过集中管理运维能力，实现边缘站点的快速开站、APP一处创新、全网快速复制。

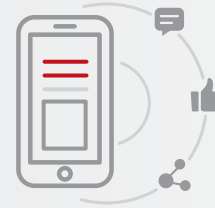
MEC自动化开站

支持网络链接自动建立、边缘网元自动纳管，站点业务配置、测试、上线全程自动化，实现设备即插即用，降低安装部署成本，一次上站开通业务，站点上线时长从周级缩短至天级。



APP灵活上线

支持导航式快速部署，可由APP提供商自主完成，大幅降低了操作人员的学习成本和技能要求。APP部署完成后，相关应用软件，分流规则，策略等进行集中管理。上线后的APP支持基于自定义部署策略自动复制到其他站点，实现一地创新，全网复制。



集中运维、边缘自治

支持对所有MEC设备的全局监控，支持批量远程升级和策略下发，减少近端频繁上站带来的运维成本。同时，边缘站点自身支持自动弹性伸缩（可快速响应业务调整诉求），以及基于自定义策略的故障自愈（如边缘脱管时，部分故障可快速自愈）。



核心网智能运维场景

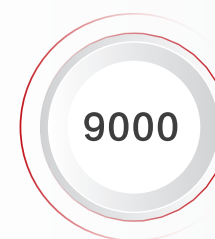
- 在日常监控场景中, 传统运维故障识别手段少, 待KPI指标劣化触发网元告警或引发用户投诉后才开始定位故障, 效率低, 耗时长, 易出错。华为核心网自动驾驶解决方案对历史KPI数据进行持续机器学习, 实现海量KPI动态阈值的设置和维护, 降低人力成本, 提升检测准确率, 在亚健康状态即可先于故障识别异常; 且基于Incident的多维事件关联检测与分析, 根据时间和空间相关性, 实现快速故障定界, 辅助根因分析。
- 在网络变更场景中, 由于5G时代版本发布愈发频繁, 存在大量变更(升级、割接、配置变更等)操作, 故障风险大幅提升。华为核心网自动驾驶解决方案针对变更场景, 构筑事前、事中、事后“三道防线”, 提前发现并规避40%变更引入问题。变更前进行在线健康检查, 变更准备&操作按规范自动化执行, 变更过程中及值守阶段的异常检测, 多维事件聚合&辅助根因分析, 实现快速故障定界, 提前规避变更引入问题, 实现智能在线机器值守。



智能运维平台iMaster AUTIN

iMaster AUTIN定位为自动驾驶网络的智能运维平台和云服务, 由智能运维平台OWS (Operation Web Services) 和运维意图可编程框架Design Studio使能, 依托于华为丰富的产品知识和运维经验打造的新一代运维平台, 用知识创造价值提供运维流程资产和知识资产, 旨在使能运营商运维工程师与合作伙伴快速迭代开发适配运维场景的运维云服务, 并使能“网络策略师”、“数据分析师”、“编排工程师”等新型运维人员的技能提升。

网络运维模式从以人为主、割裂的工具为辅转变为人机协同的运维模式是一个持续演进的过程。通过基于iMaster AUTIN智能运维的运维云服务, 结合实际运维需求, 基于运维流程分步进行流程重塑、新型运维人员转型、价值闭环管理与持续演进。同时每一个运维流程的演进, 都可以通过敏捷迭代的方式实现, 基于华为全球丰富的运维经验抽象封装的结构化运维流程资产与知识资产与网络管控单元的意图化API, 通过开放的设计态工作台即Design Studio, 使能运营商运维工程师可以敏捷、灵活的基于自身网络运维的特点和需要快速迭代开发智能运维应用、与AI模型适配。



截止目前, 全球已有超过9000多“运维人员即开发者”共同努力, 建立起一个开放、共享的开发者生态, 开发了超过900个APPs, 最佳实践快速复制到全球。

iMaster AUTIN具备如下两大特点：

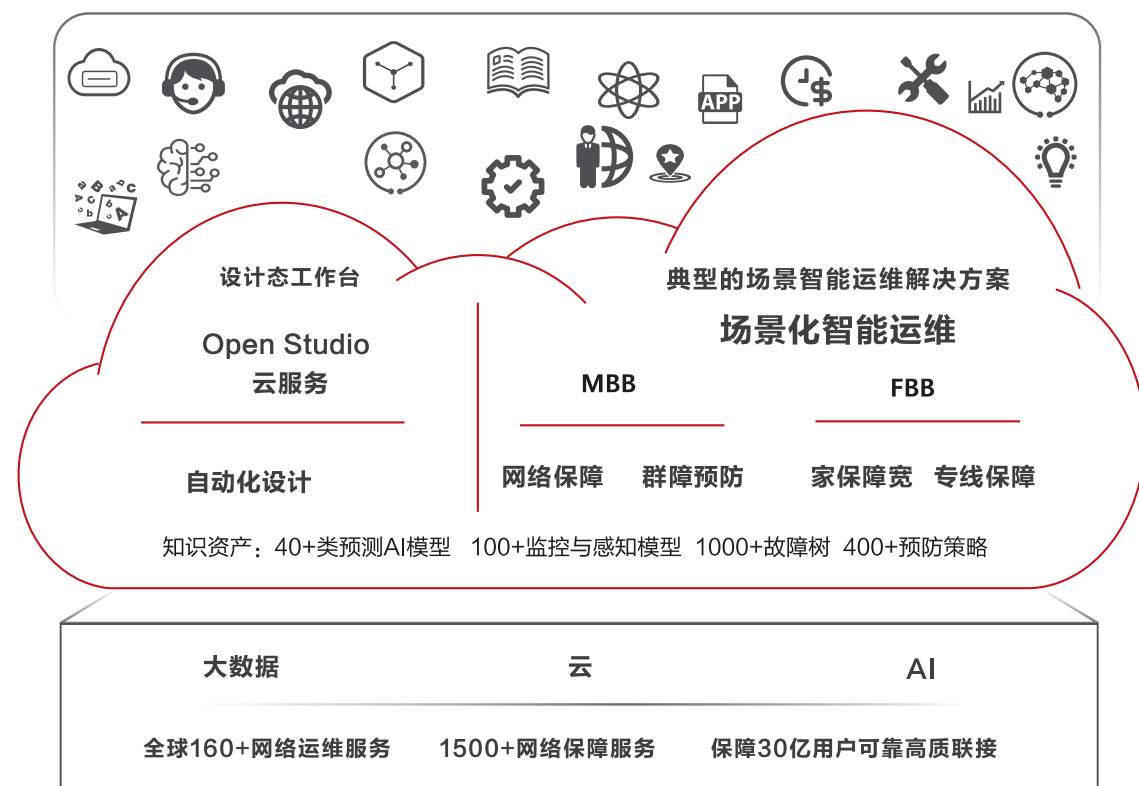


图3-3：iMaster MAE核心网应用产品架构

丰富网络运维知识的数字化

iMaster AUTIN将华为30多年通信产品技术与160多张网络运维经验抽象为结构化知识资产，以云服务形式提供给运营商，帮助运营商逐步实现智能运维，全球已有80+个商用合同；



新型运维人员的开放工作平台

智能运维并非替代人，而是让人在机器的协助下发挥更大的价值，未来会出现“网络策略师”、“编排工程师”、“数据分析师”等新型运维人才岗位，人仍将在意图设计、异常处理、关键决策上发挥重要的作用。新型运维人员将通过Design Studio提供的No code、Low code、Pro code的可编程框架以敏捷迭代的方式开展运维工作。

iMaster AUTIN以云服务形态，通过运维咨询（Operation Consulting）和SaaS模式提供场景化解决方案，使能运营商数字化运维转型。

iMaster AUTIN已应用于MBB智能运维、家宽智能运维、实现了上站上门下降20%、用户投诉降低15%的实践效果；同时在NFV&5G的新场景起步就实现人机协同的运维模式，取得了NOC效率50%~90%，故障一次解决率提升30%的实践效果，面向2B业务尝试了监控+自动分析诊断模式，实现SLA满足度98%，客诉处理效率提升30%的应用效果。

网络人工智能单元 iMaster NAIE

 NAIE是自动驾驶网络的AI模型设计和开发平台

NAIE作为自动驾驶网络使能单元，主要包含数据服务、训练服务、AI市场和网络AI应用。

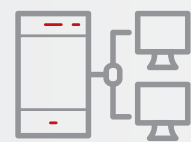
针对电信领域数据难题

(如电信数据专业性强、数据难获取、数据准备时间长、数据标注成本高、有效样本数据少等)

NAIE提供数据服务帮助运营商高效数据治理，可节省90%数据准备时间。数据服务包括数据资产管理、数据集、数据生成等子服务。



截止2020年4月，数据服务已积累13+亿条数据样本，通过专业标注工具和专家经验高价值样本标注5000W+，覆盖电信领域90%典型场景，特征维度超过4万维。



针对网络AI模型开发门槛高、应用难、周期长的问题

NAIE提供训练服务，帮助运营商降低开发门槛，提升开发效率，保障模型应用效果。模型训练服务提供IDE开发环境，包括数据处理、特征提取、模型训练和验证等功能，内嵌华为在电信领域30多年的知识和经验沉淀，内置50+电信领域资产，包括项目模板，算法、特征分析及处理SDK，大幅降低网络AI模型的设计探索周期。

针对 AI 特性在电信网络中的部署难题

提供云地协同架构，支持云端、管控单元、网元集成等多种部署模式。同时，NAIE面向整个电信行业开放，提供网络AI培训服务，助力电信领域AI人才的转型和培育，包括线上学习、线下面授和职业认证等。携手运营商与合作伙伴共同繁荣网络AI产业。

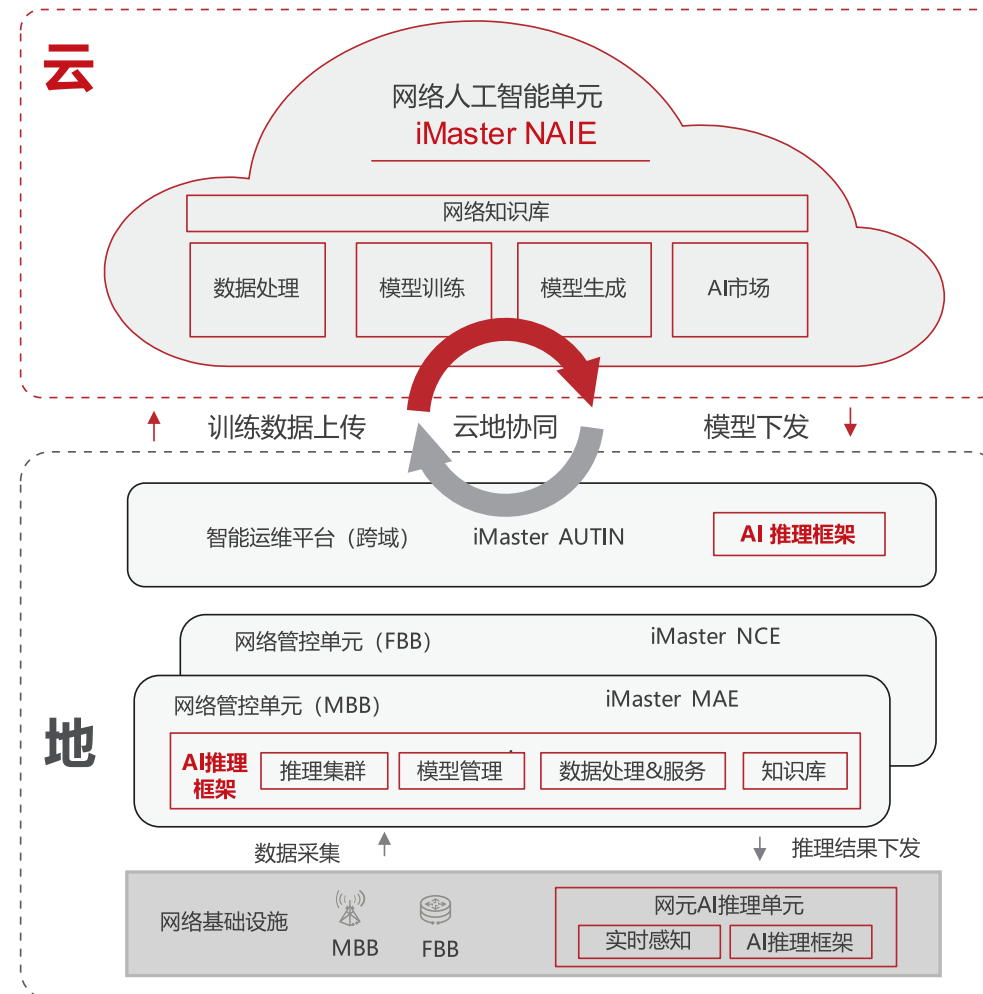


图3-4：iMaster NAIE网络人工智能引擎产品架构

 NAIE借助AI技术解决电信网络重复性、复杂性和预测类难题，提升运营商运维效率

AI是提升电信网络自动化和智能化的关键技术，NAIE借助AI技术可以解决电信网络运维中存在的重复性、复杂性和预测类难题。NAIE从运营商运维效率提升明显的用例入手，不断扩充用例范围，通过数据采集、算法改进、知识积累、部署模式探索等方式，逐步将AI应用到运营商全网。当前，NAIE在运营商网络的智能化典型应用可以总结为“三个倍增”，即运维效率倍增、能源效率倍增和资源效率倍增。




	场景	问题	AI技术	效果
预测类	基站节能	 需基于每个基站话务量预测值，在不影响KPI前提下设置载波关断个性化参数，依靠人工无法完成海量基站的话务预测	<u>LSTM神经网络</u>	基站能耗降低10%~15%
重复类	故障识别及根因定位	 如一个基站传输设备断电，就会形成动力、传输、基站等11张工单。人工处理大量重复工单效率低下，根因定位平均2小时以上	<u>频繁项挖掘、聚类、知识图谱</u>	故障根因定位准确率90%以上 单域根因识别5分钟，跨域根因识别10分钟
复杂类	Massive MIMO Pattern优化	 5G天线的水平波束、垂直波束、天线倾角、天线方位角构成上万种组合，人工需要数周时间找到较优参数组合	<u>强化学习、深度学习</u>	天级从万种参数组合找到最优

图3-4-2 AI技术解决网络重复性、复杂性和预测类难题

应用案例1: 核心网KPI异常检测服务

随着5G的规模部署，电信网络变得日益复杂，无线2G/3G/4G/5G形成四世同堂叠加网，网络运维面临巨大挑战。核心网在5G网络中地位高，用户体验影响大。核心网单设备承载的用户数达千万，因而核心网网络故障的及时发现和主动预防至关重要。KPI异常检测作为核心网运维中的重要环节，既是产品能够及时发现异常的保障，又是进一步异常分析的基础和前提。然而，当前KPI检测基本处于完全依赖人工状态，需要给每条KPI设置阈值，根据专家经验设置阈值为静态阈值，再定位KPI异常的根因。

人工操作给核心网网络运维带来了极大挑战

首先，核心网网络复杂，多网元、多接口、多协议，人工难以全面监控海量KPI指标；其次，传统静态阈值检测存在漏报、误报，异常发现及根因分析需人工比对大量KPI指标，耗时长。



NAIE通过AI算法学习历史KPI数据并生成模型，模型根据实时KPI数据变化自动设置KPI动态阈值，并使用多指标关联分析能力辅助分析KPI异常的根因，可检测出多种移动业务场景下的KPI异常。同时利用AI算力优势，对数千个KPI指标进行智能监控，在用户大量投诉前识别异常，提前发现网络事故隐患，提高了问题定位效率，降低网络问题对用户体验的影响。

当前，KPI异常检测服务适用领域广泛，适用于电信行业多领域，如VOLTE核心网、EPC核心网、无线接入网等；支持多种KPI模式，如周期、突变、趋势等。



KPI异常检测服务内嵌BoxPlot、xgboost、Holt-Winters等多种智能算法，最大可以支持10万+KPI同时检测，准确率高达85%。

应用案例2: 故障识别与根因定位服务

无线接入网是故障处理场景的重中之重，其处理成本在整个运营商网络维护成本占比极高。

无线接入网面临故障定位的巨大挑战

首先，告警及故障单数量大，运维费用高。据某运营商某局点统计，其无线接入网中网管收到的原始告警一天就在3千万条左右；其次，跨域/跨厂家故障很难准确快速定位问题，不同网元上报的海量告警难以准确压缩关联，故障识别依靠人工分析处理耗时长。



NAIE故障识别及根因定位服务基于AI算法挖掘、业务标注等构建抽象故障传播图；故障传播图应用于运行态实时识别故障；提升运维效率，降低运维成本。该服务结合历史告警数据以及对应拓扑数据，综合专家经验注入、关系发现算法和Hedex文档学习等方式，构建故障传播图。运行状态下，该服务基于管控单元北向接口采集的实时告警数据和最新拓扑数据，应用故障传播图，并结合流式故障聚合算法、故障时长动态预测算法和图搜索算法实时聚合识别出故障事件TE（Trouble Event）和故障根因网元。从而提升运维效率，减少重复工单。

当前，NAIE故障识别及根因定位服务，故障定位准确



云地协同使能AI在电信网络快速规模部署应用

自动驾驶网络支持云地协同特性。

- 云端指云端AI（NAIE），包括部署在公有云、私有云及HCS的云端智能（含数据服务、训练服务、AI市场、网络知识库等）。
- 地端AI包含集成在单域管控单元（MAE、NCE）和跨域管控单元（AUTIN）的网络AI，以及集成在网元设备的网元AI。

云端AI由运营商集中化建设AI平台，支持跨层、跨域、跨厂商AI能力构建，减少重复投资。云端AI拥有强大的算力和丰富的特征样本，具备全局视野，既是运营商持续进行AI训练开发态的敏捷工具，又是网络的“知识中心”和“图书馆”。同时云端AI提供模型的发布和共享能力，减少重复开发，便于构建AI生态，有利于复制推广。

地端AI聚焦网络数据的实时采集和过滤，并实现AI能力在本地实时推理闭环。



云地协同具备三大优势，统一云端泛化训练提升模型精度，统一运维实现AI模型快速升级，统一知识运维管理形成“知识中心”。

云端预置高质量标注数据，并对接多套管控单元（NCE/MAE/AUTIN），可采集全量本地数据，利用云端强大算力训练，从而提升模型精度。同时云端AI是AI模型的统一运维中心。云端统一监控模型状态（调用次数、状态、精度、重训练报表等），AI应用情况一目了然；基于策略进行模型自动化重训练择优升级，实现自动化运维。云端还可以统一管理多局点多版本模型，通过AI市场实现模型直接交付。相比传统软件升级，模型升级效率从月级提升到小时级。云端AI能够汇聚多局点数据，统一知识运维，通过专家集中进行故障传播关系标注，从而形成业务故障的“知识中心”。



地端通常通过管控单元和网元采集本局点数据，依据标注数据增量训练，基于少量样本本地化学习。地端可以管理及监控本局点模型，也可基于策略自动重训练，并进行知识推理及状态监控、评估择优升级等。



云端和地端通过云地物理通道连接，地端数据通过北向接口实时自动上传到云端，云端统一泛化训练，并作为统一的运维中心和“知识中心”，云地协同实现AI模型、网络知识同步更新升级，高效支撑电信网络迭代演进。

自动驾驶网络产业发展建议

► 华为自动驾驶网络战略

自动驾驶网络是电信行业的一次产业升级，将深远影响网络架构、网络运维、商业运营等多方面。要实现自动驾驶网络的宏伟目标，应当借鉴3G/4G/5G的发展规律和成功经验，按照开发一代、研究一代、探索一代的方式共同制定自动驾驶网络L3/L4/L5的代际标准，并结合业务及技术的发展持续代际演进。



3-5年: 网络具备感知分析能力, AI能全面辅助人决策



5-7年: 网络实现初步自治, 在某些网络和业务场景中让网络高度自决策

7-10年: 产业共同挑战网络全场景、全生命周期的自我决策和自我演进等终极目标



要实现自动驾驶网络的商业落地，需要产业各方从商业视角优势互补各自有所聚焦，提升自动驾驶网络产业协作效率和落地速度。

- 运营商可侧重在商业运营创新及网络运维流程创新，创造更多快速创新的机会和机制；
- 网络设备提供商可侧重持续简化网络技术对应用开发者的技术难度，提供丰富的场景化API与单域闭环的产品及解决方案；
- 新业务开发者可侧重于基于场景API快速开发2C/2H/2B/2G的各类应用，借助5G智联万物的联接平台实现商业变现；
- BSS供应商可侧重于提供面向客户、生态、合作伙伴的商业智能运营的平台及解决方案；
- OSS供应商侧重在提供端到端跨域、跨厂商的业务运维平台及解决方案，与网络供应商共同完善场景化的意图API加快业务创新速度；
- 最后，产业联盟、标准与开源组织在制定产业技术规范、架构参考、接口标准及产业合作模式等方面将发挥举足轻重的作用。

为更好地促进自动驾驶网络的产业发展与协作，结合过去几年华为与全球伙伴的共同实践探索，提出以下三点倡议，呼吁产业各方共同投入参考架构、接口标准、评估体系与人才转型这四大工作中。

第一

定义自动驾驶网络参考架构和接口标准，促进产业协同

第二

定义自动驾驶网络分级和评估标准，推动行业发展

第三

推动电信行业人才转型，发挥运维人员的更大价值





定义自动驾驶网络参考架构和接口标准，促进产业协同

自动驾驶网络标准架构是业务需求与解决方案之间的桥梁，从TOGAF方法论和实践经验看，自动驾驶网络架构应包括：

- 业务架构(Business Architecture)
- 应用架构(Application Architecture)
- 信息架构(Information Architecture)
- 接口架构 (API Architecture)

在TMF高阶业务架构的基础上，未来2到3年应进一步细化相关架构标准的建设。

通过标准架构，形成自动驾驶网络业务需求和技术能力的共识，指引产业各方产品开发、商业应用和合作的策略，做大空间、价值共享。



对运营商而言

产业标准架构可以指引运营商企业级架构，汲取产业级成功经验，汇集供应商能力，按需创新，支持万物互联。

对供应商而言

通过统一的架构思维和分层的解决方案来对齐客户的规划，指引厂家自动驾驶产品与解决方案的开发及设计。



在产业架构的地图上，分工合作，在各自擅长领域发挥专长，通过开放标准接口补齐所需能力。最后，该架构标准需站在后天看明天，制定行业面向L4级的开放参考架构和接口标准，促进产业伙伴的高效协同与分工；过程中结合应用场景，联合客户创新找到切入点，通过快速迭代促进阶段性商业结果的兑现。



定义自动驾驶网络分级和评估标准，推动行业发展

自动驾驶网络需要逐级迭代式发展，建议产业在原有5级高阶分级标准基础上，持续深化自动驾驶网络评估体系建设，以促进自动驾驶网络代际演进，短期支撑在2022年全面达到L3级的产业目标。

具体而言，建议从两方面入手：



深化自动驾驶网络分级标准

围绕网络“规、建、维、优”的全生命周期，分析典型场景和业务，明确对应自动化层级关键能力和特征定义。

建设自动驾驶网络的评估体系

从客户体验和业务意图出发，形成可验收、可测试、可衡量的细分场景评估体系能力，可支撑现状评估，制定合理的改进目标并评估收益。



对于产业来讲，分级与评估标准不仅有助于牵引自动驾驶网络代际演进，也促进凝聚各方力量。对运营商而言，通过黑盒分级评估体系，可以评估网络现状，帮助制定网络演进策略和发展规划，促进阶段性商业变现。

对供应商而言，充分理解客户黑盒需求和性能要求，在技术引入、产品规划和落地等方面提供决策辅助。



推动电信行业人才转型, 发挥运维人员的更大价值

人机协同的智能运维不是直接抛弃现有的运维体系、工具和经验, 而是在此基础上叠加融合, 需要系统研究网络架构平滑演进的策略和人机协同交互模式对组织和人员的影响, 探索电信产业基于新方法、新技能的新型人才技能培养, 让企业员工在AI的协助下发挥更大的价值。

未来会出现“网络策略师”、“编排工程师”和“数据分析师”等新型运维岗位, 人仍将在意图设计、异常处理、关键决策上发挥重要的作用。



特别是, AI技术的引入会改变现有人员的知识结构和行为习惯, 需加强AI知识理解、开发和应用技能、实践方法总结和分享等系列建设, 帮助现有流程变革和人才转型。

实现自动驾驶网络的真正潜力, 人才的培养、现有能力的整合优化和组织能力的培育, 与任何其他战略举措一样重要, 我们坚信需要辅以相关的人才培养与发展计划与网络的智能升级相匹配。

总结

华为长期致力于探索未来网络演进, 践行自动驾驶网络战略, 通过创新架构解决电信行业的结构性挑战, 提升网络运维效率、资源利用率、能源效率和客户体验, 携手全球运营商和各行各业的合作伙伴, 共同助力产业智能升级和可持续性健康发展。华为自动驾驶网络不是单一产品的创新, 而是全场景、全系列地系统架构和运维模式创新。



通向自动驾驶网络将是一个长期的旅程, 是电信行业的诗和远方, 需要产业各方共同努力, 坚定前行。华为致力于把复杂留给自己, 简单带给客户, 共同拥抱万物互联的智能世界。



自动驾驶网络官网



iMaster NAIE
云服务官网



人工智能园地
微信公众号

参考文献

华为全球产业展望 (GIV@2025)

<https://www.huawei.com/minisite/giv/en/index.html>

行业+5G: 5G加速行业数字化转型

<https://carrier.huawei.com/en/Industries-5G>

网络2030——技术、应用和市场驱动蓝图

<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>

CSP和供应商在自治网络上寻求共识 (TMF论坛白皮书)

<https://inform.tmforum.org/insights/2019/05/csps-suppliers-seek-consensus-autonomous-networks/>

中国AI网络用例 (GSMA未来网络)

<https://www.gsma.com/futurenetworks/resources/ai-in-network-china/>

将机器学习引入5G网络的ITU新标准

<https://news.itu.int/new-itu-standard-machine-learning-5g-networks/>

华为首次提出“自动驾驶网络”战略: 用架构性创新应对电信行业结构性挑战

<https://www.huawei.com/cn/press-events/news/2019/10/huawei-proposed-autonomous-driving-network-strategy>

华为智简网络白皮书

<https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/adn/intent-driven-network-unleashes.pdf>

华为面向自动驾驶移动网络的关键场景白皮书

<https://www.huawei.com/en/industry-insights/outlook/mobile-broadband/insights-reports/key-scenarios-of-auto-driving-mobile-network>

华为核心网自动驾驶网络白皮书

<https://www-file.huawei.com/~media/corporate/pdf/news/autonomous-driving-network-whitepaper.pdf?la=zh>

华为网络人工智能引擎 (iMaster NAIE) 白皮书 (2019年11月)

<https://www.huawei.com/cn/industry-insights/technology/naie/imaster-naie-whitepaper>

华为数据中心自动驾驶网络白皮书

<https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/adn/Huawei-Data-Center-ADN-White-Paper-cn.pdf>

5G通信能源目标网白皮书 (2019年3月)

<https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/products/network-energy/5G-Telecom-Energy-Target-Network-White-Paper-cn.pdf>

华为发布5G天线白皮书, 提出三大重要产业趋势 (2019年10月)

<https://www.huawei.com/en/press-events/news/2019/10/huawei-5g-antenna-whitepaper>

华为发布业界首个全容器化5G核心网

<https://www.huawei.com/cn/press-events/news/2019/9/first-fully-containerized-5g-core-network>

华为构筑极简站点, 使能5G快速部署

<https://www.huawei.com/minisite/5g-ultra-lean-site-2019/cn/>