

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

全 栈 A | 极 简 网 络 | 智 能 运 维

2020年6月

自动驾驶网络

专刊

第一期

F5G + AI 迈向自动驾驶网络

iMaster NCE使能FBB智能运维，迈向自动驾驶网络

凝聚产业共识，共同迈向自动驾驶网络时代

智简接入自动驾驶引擎，使能F5G智能社会

菲律宾Globe通过跨域网络整合为企业再造差异化品质专线解决方案

华为助力中国民生银行构建新一代数据中心网络

商标声明

HUAWEI, HUAWEI, 华为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。

未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。



扫一扫，了解更多





自动驾驶网络 专刊

第一期
2020年6月出版

迈向人机协同的 自动驾驶网络时代



| 刘江萍

华为自动驾驶网络首席营销官

未来万物感知、万物互联、万物智能的智能社会正在迎面而来，数字经济已经成为全球最重要的新型经济形态。

2020年，全球经济在充满挑战与压力的背景下，以数字技术创新为核心驱动力的“新基建”产业表现出强大的成长动力和创新活力。在全球抗击疫情的过程中，全球各地，运营商通信网络作为线上活动的载体，承担了大量企业远程办公、学校远程教学、生活物资线上采购等关键任务。可以说这场突如其来的疫情，进一步加速全行业的数字化进程，无论是移动网络，还是固定网络技术，都在不断发展以适应万物互联的智能时代，5G和F5G时代的到来，将更好地支撑数字化智能应用的蓬勃发展与广泛应用，推动全球数字经济的快速发展。

电信产业在迎接新机遇和新风口的同时也面临以下挑战。过去十年，以设备为中心的建网模式、以手工为主的运维模式难以为继。OVUM分析报告显示，随着网络规模和业务复杂性的逐年增加，OPEX快速增长，盈利能力呈现下滑趋势，结构化矛盾日益突出。基础网络面临2/3/4/5G四代同堂的复杂性，同时商业创新速度慢，对新型数字化业务和应用的需求响应周期长达6到12个月。

我们坚信电信产业应充分、科学、有效地运用AI、大数据和自动化等新技术，通过数据和知识驱动打造一张自动、自愈、自优的自治网络，网络敏捷使能新业务、极致体验使能价值变现，智能运维实现资源和能源最佳利用率。过去2年，通过产业各方的积极探索与实践，产业各方已看到自动驾驶网络具有丰富的应用场景和广阔的商业价值。通过在云端服务、网络本地、网元设备分层引入AI，重塑电信网络的智能化内核，迈向人机协同的自动驾驶网络时代，进而推进电信产业的智能化升级与可持续性发展。

EDITOR IN CHIEF 主编寄语

02 | 迈向人机协同的自动驾驶网络时代



通过知识与数据驱动架构、流程和人才转型，使能运营商业务模型生产、运维流程设计与编排的DevOps能力，由此重塑电信产业内核，迈向人机协同的自动驾驶网络时代，进而推进电信产业的智能化升级与可持续性发展。

COVER ARTICLE 封面文章

06 | iMaster NCE使能FBB智能运维，迈向自动驾驶网络

iMaster NCE是华为ADN解决方案面向FBB领域的网络智能管控单元。作为业界首个管控析+AI融合系统，iMaster NCE实现了物理网络与商业意图的有效连接。

INDUSTRY TREND 产业趋势

16 | 凝聚产业共识，共同迈向自动驾驶网络时代

电信自动驾驶网络是对现有网络产业的一次革命，将对运营商现有的组织、流程、支撑系统、网络建设、采购模式等各环节产生深远变革，需要产业各方共同参与，分工合作，共同发展并实现多赢。

HOT FOCUS 热点聚焦

21 | 自动驾驶网络，使能全光网络高品质变现

如何帮助光传送网络实现智能时代新兴业务所需的“随时响应、随需变换、极致的联接体验”，将成为光传送网络演变成为全光生产网络，从运营商网络中传统的成本中心走向新的价值中心的关键所在。

26 | 智简接入自动驾驶引擎，使能F5G智能社会

过去运营商的数字化能力不足，主要用于内部，但是到了F5G时代，应用爆发式增长，业务体验已经成为客户选择运营商的首要考虑要素，因此把数字化能力转换为客户可以感知的服务体验，是F5G时代运营的关键特征。



33 | 数据中心网络自动驾驶引擎，加速企业数字化转型

数据中心网络作为承载企业所有数据和业务的中心，其庞大规模和复杂性已经超出人力有效管理的能力极限，急需通过机器学习、机器推理和自动化等多种先进技术结合在一起的新系统，满足业务需求，简化运营，智能辅助人类决策，最终实现数据中心网络高度自治。



INNOVATIVE PRACTICE 创新实践

40 | 菲律宾Globe通过跨域网络整合为企业重塑差异化品质专线解决方案

数字化企业是建设数字化国家的关键组成部分，我们的目标是利用我们的数据业务和IT服务，帮助企业实现卓越的业绩。通过关注客户业务，我们也将实现持续增长。



44 | 运维转型：从人工到人工智能

随着5G时代的来临，网络运维所面临的挑战越来越大。从价值目标来讲，从运维省成本，变化到要从运维出效益。网络运维越来越不像运维，而更像流量经营。

48 | 华为助力中国民生银行构建新一代数据中心网络

数字化转型离不开数据中心IT基础设施的创新与建设，甚至首先要从IT基础设施开始转型。这是因为，创新、敏捷的业务由基础设施承载和保障，基础设施是所有数字经济的核心支撑点。

51 | 泰国CAT：依托高品质OTN网络，重塑专线市场领先优势

泰国CAT在确立了发展高品质专线的战略目标后，决心基于华为端到端OTN+iMaster NCE解决方案，建成一张覆盖泰国全境的扁平化网络，为泰国企业客户的数字化转型提供差异化的高品质服务。

55 | 浙江移动5G智简承载网扬帆起航

面对5G业务发展对承载网的挑战，浙江移动早在2016年就联合华为成立了5G承载创新项目组，持续投入5G承载网的探索和研究，并取得了显著的成果，在2018年建成了国内最大规模的5G试验承载网。

CONTENTS | 目录



COVER ARTICLE

封面文章

iMaster NCE使能FBB智能运维，迈向自动驾驶网络



iMaster NCE使能FBB智能运维， 迈向自动驾驶网络

文/陆海鸥



| 陆海鸥

NCE产品部部长

“

全球电信行业正在经历IoT时代带来的日新月异的技术革新，尤其是进入到5G和云时代，VR/AR、4K直播、远程教育、无人驾驶等新业务不断涌现与升级，网络的流量呈现出爆炸式增长，电信网络复杂度不断攀升。来自Gartner的报告指出，运营商当前最大挑战是如何实现网络自动化和运维智能化，从而提高业务敏捷性，保障用户极致体验，降低OPEX。

”

iMaster NCE：FBB领域自动驾驶网络智能管控单元

电信产业一直在探索数字化、自动化和智能化。早期希望采用SDN、NFV和云技术，提升业务和网络敏捷性，降低运维复杂性和成本。SDN在数据中心，广域调优，SD-WAN等场景的网络自动化取得相应进展。NFV在vIMS, vEPC, vCPE等场景提升了资源利用率，DevOps流程、持续集成与持续交付工具链提升了产品开发效率。整体来看，网络自动化的进展仍然落后于新技术发展带来的复杂性，包括新老网络管理运维的复杂性、大规模应用的性能问题等。如何全面提升网络运维效率仍然是产业共同面临的难题。

自动驾驶网络（ADN）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自动化迈向智能化。ADN以网络极简和运维极简为核心理念规划、设计和开发相关产品。通过三层开放架构，在边缘、网络和云端三层引入AI，产品部件包括：云端网络人工智能单元iMaster NAIE和跨域智能运维单元iMaster AUTIN，网络智能管控单元iMaster MAE和iMaster NCE，以及内置AI能力的网络基础设施系列硬件产品。ADN解决方案面向FBB和MBB两大网络领域推出场景化的子解决方案帮助运营商提质增效和降本增效。

iMaster NCE是华为ADN解决方案面向FBB领域的网络智能管控单元。作为业界首个管控析+AI融合系统，iMaster NCE实现了物理网络与商业意图的有效连接，向下实现全局网络的集中管理、控制和分析，面向商业和业务意图使能资源云化、全生命周期自动化，以及数据分析驱动的智能闭环；向上提供开放网络API与IT快速集成。主要应用于运营商网络、数据中心、企业园区、企业专线等场景，让网络更加简单、智慧、开放和安全，加速运营商及企业的业务转型和创新。

iMaster NCE产品的管理、控制和分析等功能组件可根据不同的应用场景灵活部署，同时单域产品可向融合部署的多域产品升级演进。

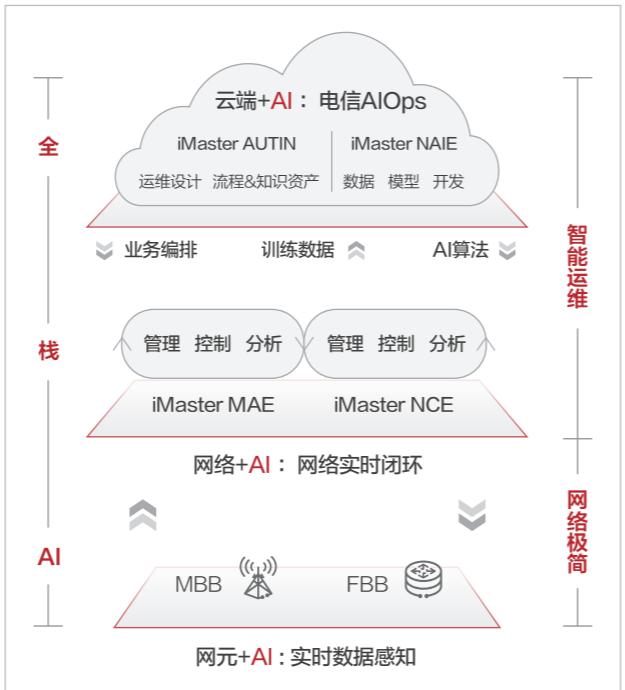


图1：自动驾驶网络解决方案全景图

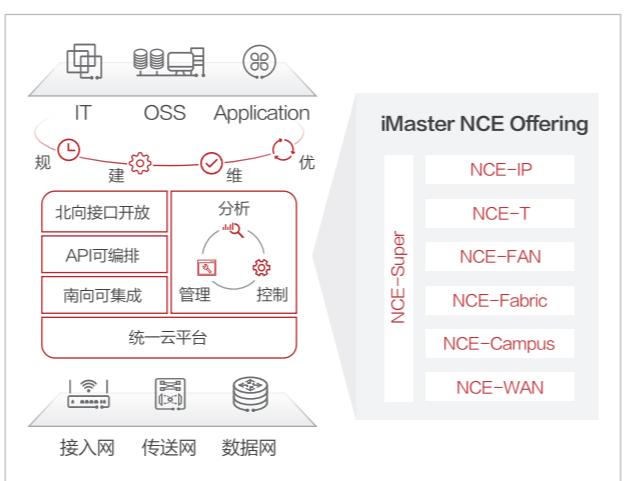


图2：iMaster NCE产品框架图

单域自治的产品设计理念

在电信业务智能化及敏捷运营的背景下，电信网络与运营系统结合越来越紧密。运营商根据其业务特点、网络技术和维护模式等的差异性，将基础网络和运营系统划分成多个组合，每个组合我们称之为一个网络自治域。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，对外提供网络即业务的敏捷服务。当前电信网络运营系统涵盖复杂的运营流程，涉及到数十个到上百个系统的协同运行，导致新业务开通及故障定位的流程复杂、时间长。在简化运营系统过程中，要求网络管理、控制、分析等相关系统能够有机融合，数据协同，一体演进，实现自动化向自治化演进。

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、网络性能和流量分析系统于一体，将网络数据、业务数据以及用户体验数据统一建模，实现数据在管控析功能模块之间的共享互通。同时基于统一的业务模型，以及对网络状态的实时感知，实现业务发放自动化以及业务优化闭环。

以数据中心网络场景为例，iMaster NCE致力于实现数据中心网络全生命周期的自动化乃至自治闭环：在规划设计和安装部署阶段，实现典型组网免设计，一键式部署，一小时内完成基础网络搭建或扩容；在业务发放和变更阶段，实现网络配置零差错，业务分钟级自动化上线；在监控运维阶段，实现典型故障的分钟级发现、诊断、恢复，持续保障业务稳定运行。

引入人工智能，增强复杂场景的自治闭环

电信网络业务具有复杂性、不确定性、持续变化的特点，表现为：业务的种类多样，每类业务对网络的要求不同；不同时间段网络流量持续波动，业务路径不断变化。当网络发生故障后，往往通过客户投诉、网络告警等方式驱动处理流程。专家通过OSS、网管或工具辅助进行人工分析、决策和闭环，因此难以在复杂场景快速恢复故障、保障业务体验。

随着大数据和AI技术的发展成熟，电信行业开始在“故障快速诊断、流量精准预测”等复杂及不确定性场景

尝试引入AI理论和工程算法，增强自治闭环能力。iMaster NCE充分考虑专家经验数字化，将分散的大量管理规则、排障方法等专家知识，注入到集中的、供计算机理解与使用的知识库。同时探索实践业界主流的AI算法，基于场景匹配最佳AI算法，从而提供主动性分析预测能力。

网络开放可编程，降低运维复杂度，使能开放生态

电信网络运维场景复杂，主要体现在以下两个方面：第一，电信网络往往由多厂家设备构成，一种业务端到端的发放和维护往往涉及跨厂家设备；第二，电信网络的组网方案、技术方案不同，导致网络运维流程及方案各异，可复用程度低。

iMaster NCE通过提供丰富的API或场景化运维APP，一方面降低运维复杂度，另一方面实现网络服务能力开放，使能三方生态。通过统一北向API Proxy服务，提供统一的API访问、认证机制，同时支持北向和南向的网络可编程能力。iMaster NCE在北向提供工作流编排能力，基于原子API完成客户化API接口编排，支持基于工作流的运维自动化编排，同时在南向基于模型驱动架构提供对第三方设备的驱动适配，构建提供快速可编程的第三方网络集成能力。



四大引擎为核心的产品架构

iMaster NCE的产品架构可概括为“1个云化平台+1个数字孪生网络地图+4个引擎+1个API网关”。iMaster NCE基于统一云化平台按微服务架构进行构建，使系统整体具备弹性伸缩、负载均衡等云化架构能力。数字孪生（Digital Twin）网络地图负责网络数据的治理，完成对物理网络的数字映射，支撑上层系统应用。在此基础之上，“自动化、意图、分析、智能”四大引擎共同实现网络的自动化和智能化。iMaster NCE各个层次的能力可以通过Open API开放，快速与周边系统进行集成。

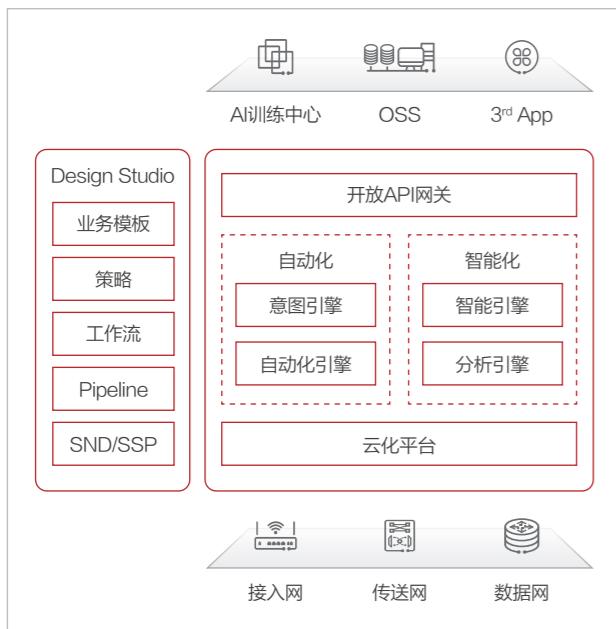


图3: 四大引擎为核心的产品架构

自动化引擎实现网络服务自动化

在自动化引擎中集成了管理和控制两个重要部件，提供设备上线自动纳管、网元管理、网络业务管理、网络路径计算、网络调优等功能。当用户在网络上部署业务时，可支持业务路径自动计算和快速下发，通过控制功能模块可集中调配全局网络资源，满足业务SLA要求的同时，提升网络资源利用率。另外，自动化引擎支持通过模型驱动方式，快速集成和管理第三方网元，扩展网络服务自动化能力，并将网元层、网络层的能力对外开放，支持和三方系统、第三方网络的快速集成。

意图引擎实现复杂场景的高度自动化

意图是指用户对网络/业务的状态的一种期望，意图引擎的作用就是让网络/业务根据用户的意图运行。iMaster NCE的意图引擎支持将简单的用户语言转化为复杂的网络模型和语言，自动生成对各个领域服务的调用计划，完成复杂工作任务的部署分解。例如：在跨多个网络域的专线业务发放场景下，每个网络域使用的管道技术不同（如L3VPN或PWE3），用户只需要指定源宿站点物理位置、带宽要求，意图引擎即可自动选择最优的网络路径、最合理的网络资源、规定的管道技术、合适的QoS模板完成业务发放，提升开通效率。

意图引擎还支持意图的自动闭环，用户可预先定义场景化任务的预期状态（比如业务的SLA等），以及偏离目标状态时的纠偏措施、实施策略。当系统检测到和目标状态不一致时，可自动触发预定动作（如重新算路、调整带宽等），将网络/业务维持在用户期望的状态上，实现网络的自治运维。

分析引擎和智能引擎共同实现主动性分析预测

分析引擎主要包含数据采集、数据存储和数据分析功能。通过引入Telemetry协议，分析引擎实现网络和业务KPI数据的秒级采集，即时感知网络和业务状态，并对数据进行加工存储，将原始数据进行数据特征提取和归类，作为智能引擎的输入。智能引擎采用机器学习、AI等相关的技术和算法，对分析引擎提供的数据进行推理，给出智能化分析结果。另外智能引擎可以验证和评估模型的优劣，通过本地训练不断优化AI模型，不断提升分析准确度。

未来的网络数据将呈现出海量、多维、高频的特点，靠人脑进行分析、归纳和判断将是一件很困难的事情。iMaster NCE的分析引擎和智能引擎配合，可以协助用户快速提取关键信息，并给出指导意见，帮助用户进行主动预测和预防。

五个关键能力

在产品设计、开发、验证过程中，iMaster NCE聚焦“系统可靠性、多维数据可视、故障分钟级诊断恢复、自闭环能力、网络开放编程平台”等核心领域提供了一系列基础性关键能力，使能FBB网络智能运维，迈向自动驾驶网络。

多维可靠性技术，保障系统持续稳定运行

iMaster NCE通过“本地冗余、异地容灾”双重保护机制保障系统高可靠。本地系统可实现分层冗余保护，包括硬件级1+1冗余保护，数据库级主从保护，基础软件平台集群保护，应用级主备保护和集群保护，以及客户端接入的主备保护。当任何一个单对象发生故障时，本地系统可实现小于1分钟的自动化保护切换，快速恢复业务。

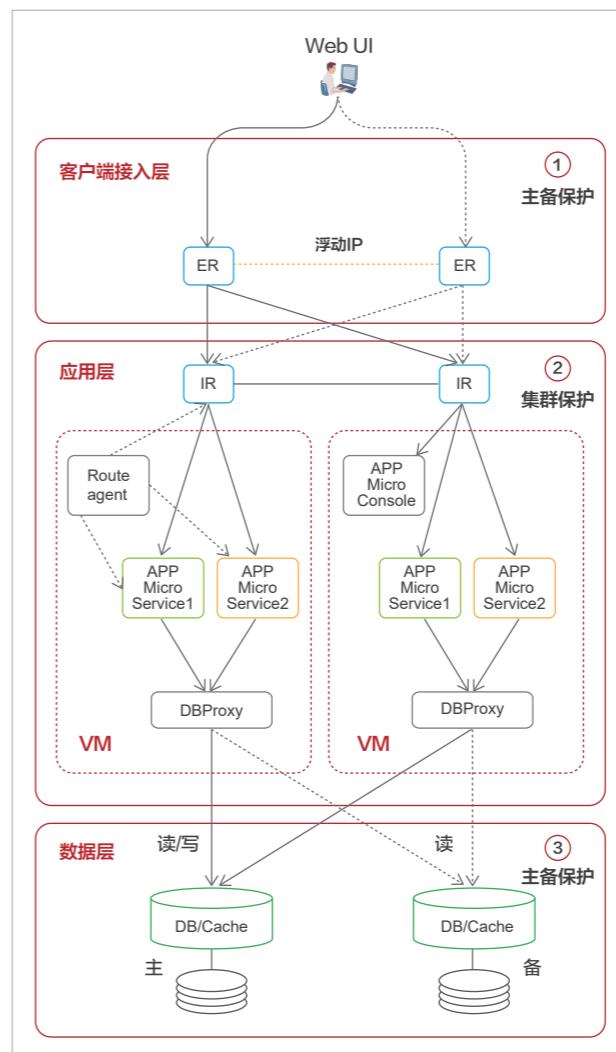


图4: 本地冗余保护机制示意图

主备系统之间提供站点级异地容灾保护。基于数据库复制的容灾服务位于应用层（不依赖于特定硬件或虚拟化平台），提供主备系统的快速故障感知和自动倒换。当主用系统发生站点级故障，异地容灾可实现小于15分钟主备倒换，备用系统快速接管业务。

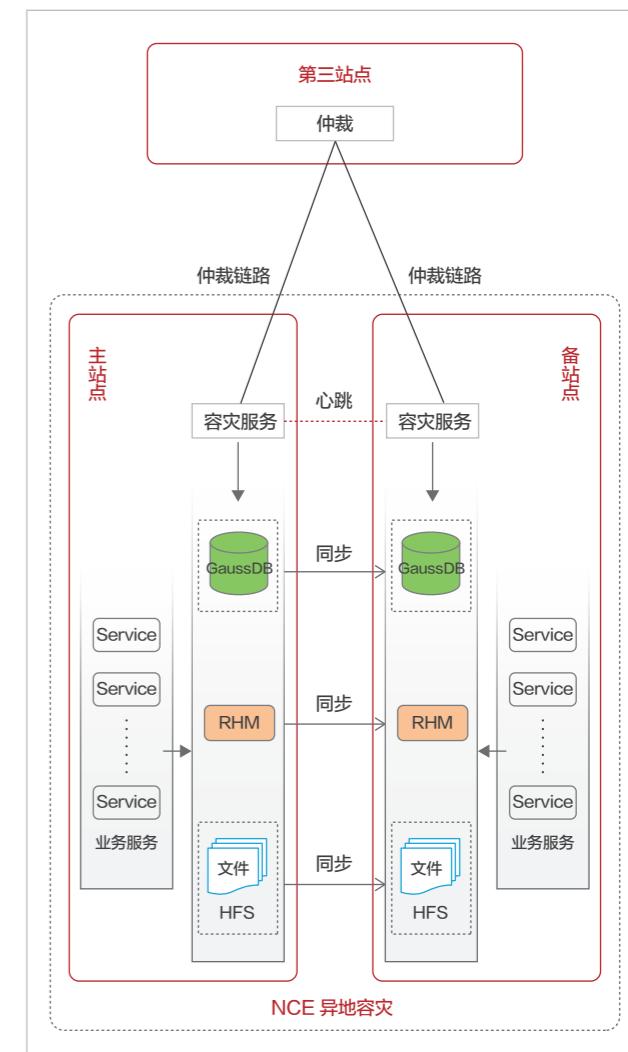


图5: 异地容灾保护机制示意图

数字孪生网络地图，为自动驾驶网络提供多维数据可视的“高清地图”

网络拓扑是运维的主要入口之一。传统网管把拓扑作为网络的可视化呈现手段，叠加以基本告警和状态信息，帮助监控人员概览网络。iMaster NCE打造的数字孪生（Digital Twin）网络地图，目标是成为“网络驾驶的主屏幕”，将来自不同应用/环境等多重信息按照场景有机整合到主拓扑单屏中，提供所有资源的统一管理、运维，为网络管理员带来一站式操作体验。

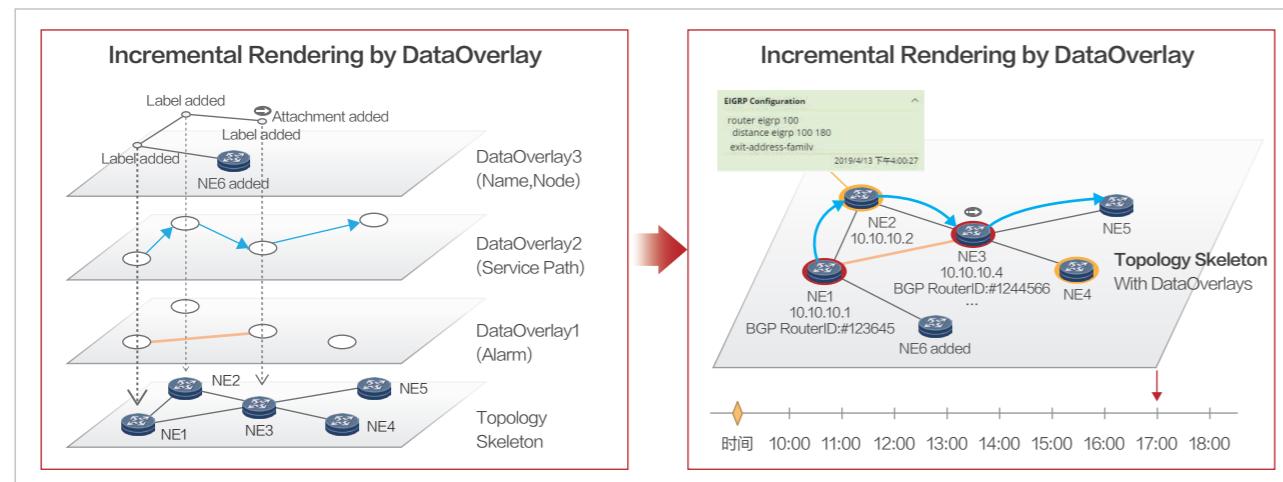


图6：数字孪生（Digital Twin）网络地图

AI加持的“故障1-3-5”服务，使能数据中心场景进入L3级自动驾驶网络

网络自治是自动驾驶网络的目标，在达成高度网络自治的过程中，需要逐步降低和消除“人”在网络运维中的

参与度。iMaster NCE内置故障1-3-5服务框架，提供故障1分钟发现，3分钟诊断，5分钟修复的网络智能运维，是降低运维人工参与、逐步实现自动驾驶网络必备的基础能力。

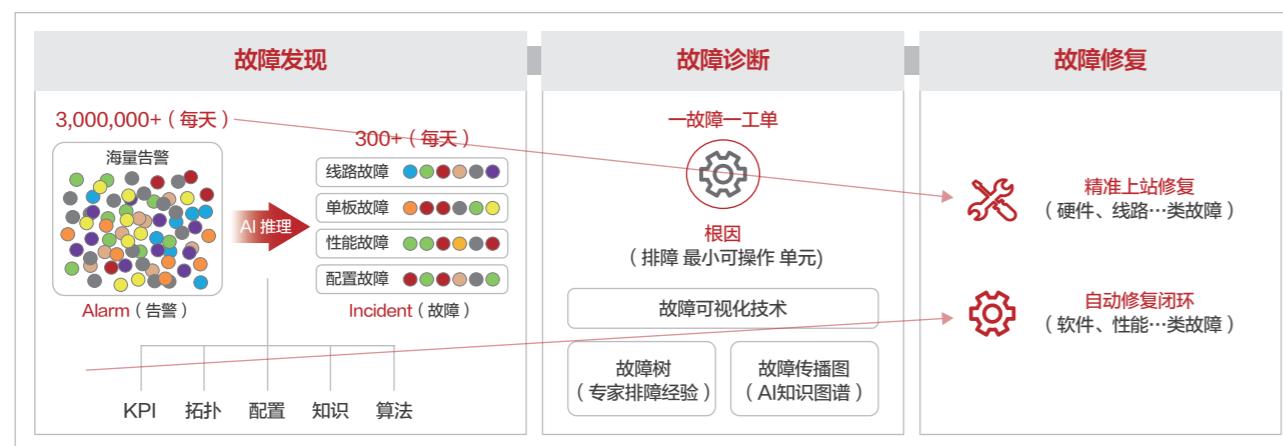
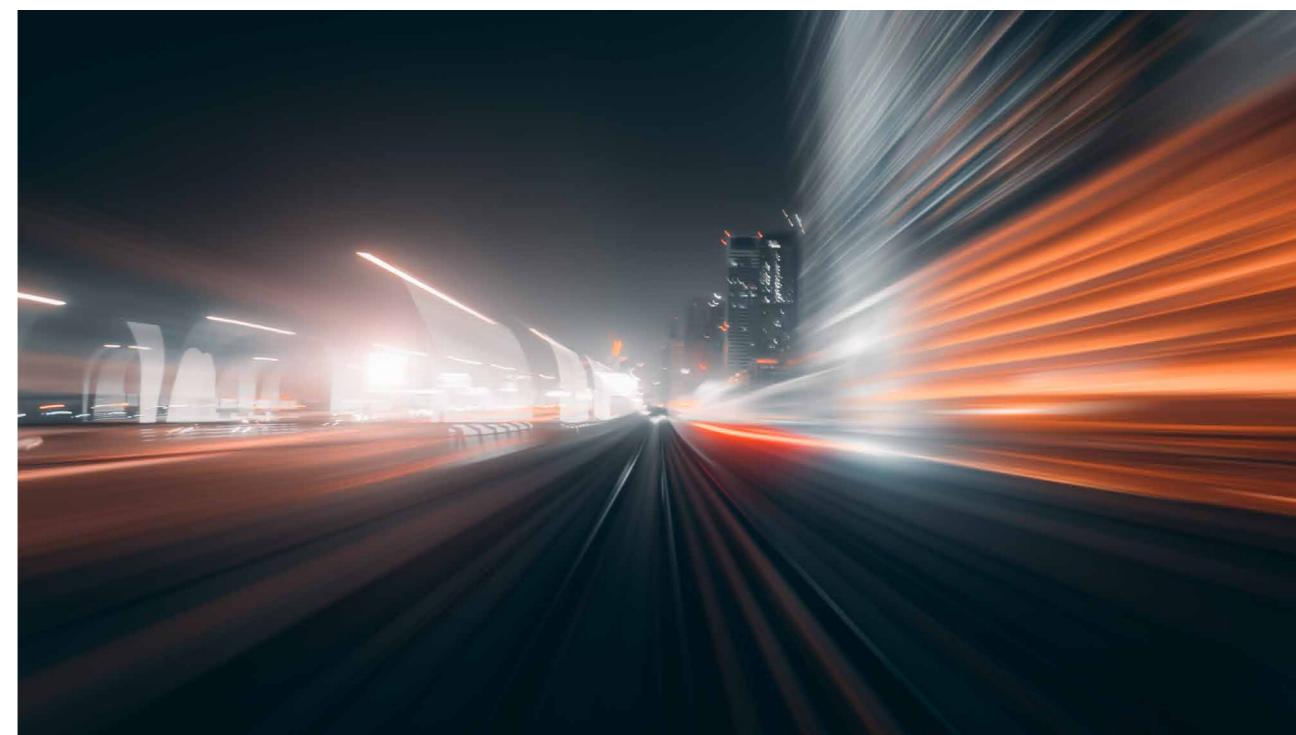


图7：故障1-3-5服务框架

通过对网元存量数据、网络业务配置数据、各类性能数据和告警数据、日志等持续不间断采集和存储，在智能管控单元中将物理网络数字化映射到数字孪生（Digital Twin）网络地图。Digital Twin基于模型驱动自动生成拓扑，快速还原物理网络拓扑结构，帮助运维人员快速识别网络、设备特征，提升运维效率。同时每个时刻的多维信息都会自动留存快照，记录网络的现在和历史，支持按需历史回放，并可支持不同历史时刻的快照对比，直观的呈现网络的多维变化趋势。



故障1-3-5服务框架融入了华为30年来积累的专家经验，并通过持续的故障模型训练不断构建新的故障分析规则。通过实时感知网络的状态，由AI和知识推理双重作用，快速识别故障根因，判断网络异常，预测网络风险，支持手动恢复以及基于意图的闭环自动修复。

基于故障1-3-5服务框架，iMaster NCE实现智能告警管理服务。通过对告警的分组、归类、降噪，大幅压缩告警数量，精确分析告警根因，实现故障智能推荐，并与客户的OSS系统结合，共同提供“一故障一工单”的服务。在河南移动5G承载场景，智能告警服务实现了每天约20万告警智能诊断为约400故障，故障与工单匹配度超过90%。

在此基础上，iMaster NCE进一步提供数据中心网络场景的故障1-3-5应用。在应用“Telemetry实时采集、网络健康度检查、知识图谱优化、意图自动化的智能决策”等系列技术基础上，通过持续学习、训练和优化，实现了数据中心网络内80%的故障1分钟主动感知，7大类75种故障3分钟故障根因定位，以及其中典型故障5分钟自动恢复；从而使能数据中心网络场景率先进入到L3级即有条件自动驾驶网络。

意图驱动的自动化闭环

基于意图的网络自治，本质上是要求对意图自始至终的保障和修复，即持续的业务发放。通过基于意图的自动化闭环，实现业务全生命周期的自治管理。

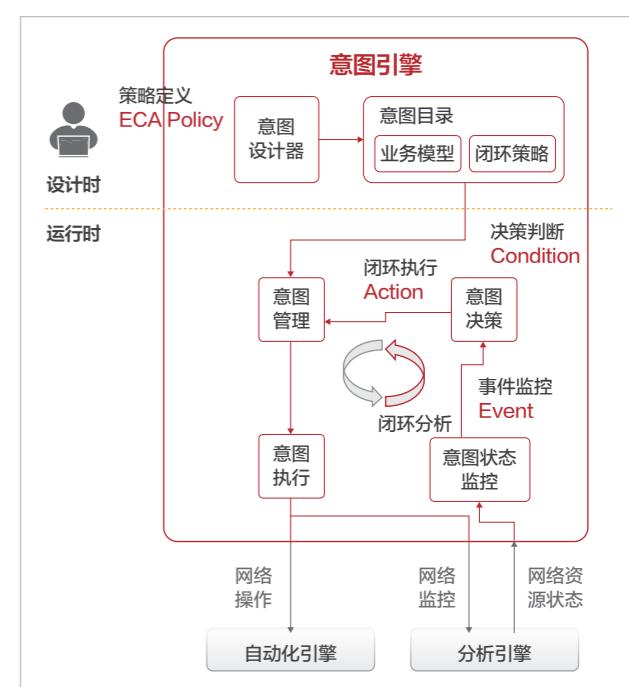


图8：意图驱动自动化闭环

意图自动化提供策略定义，通过定义Event-Condition-Action来应对网络各种意外情况下为维护意图目标而采取对应的動作。意图自动化可与故障1-3-5服务结合，及时感知网络质量劣化，当业务具备高级别权限时，触发网络资源重新优化以始终保持专线业务的初始SLA要求。

用户在设计时，通过自定义ECA策略，设定业务闭环规则。运行时，ECA策略自动执行。意图下发以后，NCE会按需监控ECA策略中定义的Event。当Event产生和上报后，再根据预设的Condition去判决；根据判决结果，执行相应的Action。意图闭环策略的判决过程，支持风险评估，支持用户介入和选择Action，或者系统自动执行Action。如用户不设定ECA策略，可选择系统提供的闭环策略，自动尝试重新分配当前可用的网络资源，自动恢复业务。

以数据中心网络的流量均衡场景为例，首先定义leaf节点流量均衡的业务意图。根据业务意图自动创建监控任务，下发到智能分析模块。智能分析模块实时采集和分析域内每个leaf节点的流量等KPI统计信息。当某些leaf节点流量持续上升超过阈值时，上报Event到决策模块。决策模块将根据业务初始意图进行决策，将超过阈值的leaf节点的部分虚机迁移到空闲Leaf节点下。在通过仿真验证之后，自动下发业务和网络配置，持续实现leaf节点流量均衡。



Design Studio打造安全易用的网络开放平台

Design Studio是iMaster NCE的网络开放编程模块。用户基于Design Studio提供的图形化集成开发环境、Python框架，以及系列化的业务模板、模型包，可以快速开发场景API或APP，经过验证、发布环节，一键式发布到iMaster NCE运行环境，快速满足用户不断变化的运维需求。

目前iMaster NCE已提供AOC (Agile Open Container) 、WKE (Workflow Engine) 等不同场景的可编程工具。具体来说，AOC工具提供面向“三方设备集成管理”场景的编程环境。AOC基于Yang模型驱动，可以快速零编码对接支持Netconf/yang能力的三方设备。使用AOC开发自动化业务，客户只需聚焦业务逻辑。AOC的模型驱动能力封装了如何生成北向接口、南向接口、事务能力、数据存储和查询，降低业务开发复杂度。另外，AOC支持配置历史的回退能力，支持不中断业务升级驱动和业务插件包能力，可实现业务安全布放和业务可追溯。

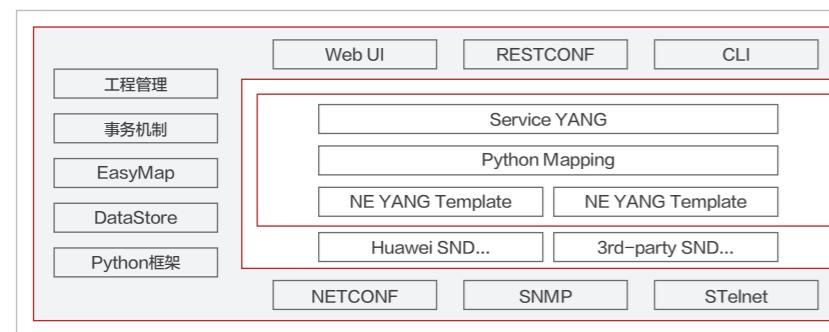


图9：AOC开放可编程框架

另外，WKE工具提供面向“网络运维流程客户化定制”场景的编程环境。WKE提供丰富的原子API模板库，支持图形化与拖拉拽的简易编程方式，将关联的多个原子API编排为面向业务场景的Service API，降低OSS集成的接口数量和参数个数；同时Service API支持热发布，与版本解耦，免版本升级。

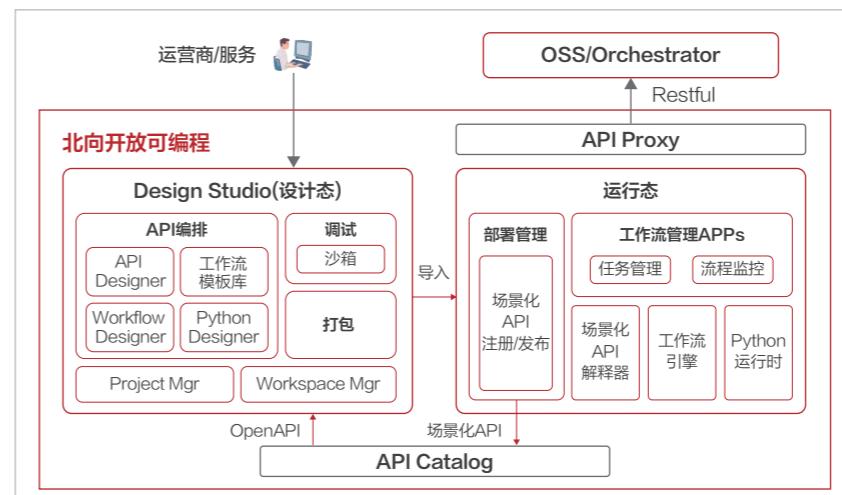


图10：WKE开放可编程框架

目前广东联通使用AOC工具自主完成了“5G承载场景多厂商IPRAN设备自动激活”的编程开发工作，开发上线周期从传统的6-9个月减少到1个月。

iMaster NCE商用进展

华为致力于打造“将复杂留给自己，把简单带给客户”的自动驾驶网络，聚焦网络极简和运维极简两大核心目标。截止2019年底，iMaster NCE通过不断的创新和客户合作，在5G、家宽、专线、企业园区网络、数据中心网络等场景已孵化出50+关键业务用例（Use Case），在全球200+运营商、1000+企业实现了规模商用部署。

同时华为携手上下游产业共同构建开放的产业生态体系。截至2019年底，iMaster NCE已实现与40+行业伙伴的集成认证，包括协同器、网络增值业务等。与EANTC、SDNCTC等第三方认证机构合作，完成与主流设备商的控制器对接。同时依托华为DevCloud平台，面向合作伙伴、开发者、客户提供从学习到开发和验证的DevOps服务，截至2019年底，可提供600+API，加快开放网络能力。



以家庭宽带业务场景的ONT自动业务发放为例，使用WKE工具可将传统OSS集成涉及到的8个原子API接口编排为1个场景API接口，网络参数从100+减少到20以内，集成周期从6-9个月减少到3个月。

iMaster NCE将和全球运营商、企业一起，运营网络“规、建、维、优”全流程的现在和未来，实现网络高度自动化和智能化，加速迈入自动驾驶网络时代。

INDUSTRY TREND

产业趋势

凝聚产业共识，
共同迈向自动驾驶网络时代



凝聚产业共识， 共同迈向自动驾驶网络时代

文/黄河



黄河

公共开发部CTO

自动驾驶网络面临的挑战，需要产业共同面对

与自动驾驶汽车一样，电信自动驾驶网络也面临极大的复杂性：

一、电信网络同时承载多种不同业务，自动驾驶系统需要能准确理解不同业务的差异化意图；

二、电信网络中既有数据中心和骨干网的“高速公路”，又有家庭宽带接入、无线、微波等“城乡公路”，需要自动驾驶系统适应跨多厂商多技术领域的复杂环境；

三、随着5G规模部署，5G网络更复杂、运营成本压力更大、2B新业务带来灵活多变的需求，需要自动驾驶系统能快速满足不同业务角色多样化需求。自动驾驶网络系统涉及运营商、供应商的多个现有存量业务系统和业务组织，其面临的复杂性挑战需要整个产业共同面对。

从结果来看，网络自动化的进展没有解决网络建设发展带来的复杂性。OVUM报告显示，运营商OPEX与收入占比的全球平均水平从05年的62%上升到18年的75%。自动驾驶网络要应对运营商面临的挑战，必须要引入云、大数据和人工智能等新技术和新的设计思路，要从过去的被动响应式运维转变为主动预防式运维；从过去人工加独立工具模式转变为单域网络自治、跨域网络协同模式；从依赖专家经验决策转变为机协同决策。基于这样的设计思路转变，运营商和供应商需要使用通用的数据总线、数据模型、AI模型和标准APIs，使不同领域的管控系统能够互联互通和互操作。实现新的思路和目标，需要产业高效协同，跨行业合

作，优势互补，需要从商业视角优化产业分工、角色和交互界面。

形成产业在自动驾驶网络领域的需求基线、参考架构等共识，可以指引产业各方持续发展，做大空间，价值共享。对运营商来讲，产业共识可

以指引运营商企业级架构，汲取产业成功经验，汇集供应商能力，按需创新；对供应商来讲，通过统一的架构和目标来对齐客户规划，指引自动驾驶网络产品与解决方案的开发及设计。

电信自动驾驶网络是对现有网络产业的一次革命，将对运营商现有的组织、流程、支撑系统、网络建设、采购模式等各环节产生深远变革，需要产业各方共同参与，分工合作，共同发展并实现多赢。



自动驾驶网络产业的主要进展

自动驾驶网络产业标准化的探索和实践工作在2019年取得了很大的进展。在包括中国三大T、Orange、BT在内的多个运营商，TMF、ETSI、GSMA、ITU-T、3GPP、CCSA等产业组织，以及其他一些设备厂商和OSS/BSS厂商的共同努力下，到2019年底已完成白皮书、应用案例、接口定义等大量工作。

TMF认为自动驾驶网络是SP数字化转型至关重要的一部分，并一直致力于整合广泛的行业生态，以达成对自动驾驶网络分类和成熟度等级定义的产业共识。TMF2019年5月成立Autonomous Networks项目，并发布白皮书阐述了自动驾驶网络框架、5级定义、方法和应用场景示例等。

ETSI认为要实现网络转型，就需要实现传统网管到自动驾驶网络的转型。ETSI ENI在2019年11月发布的报告中描述了基于AI的网络自治5级分类定义；ETSI ZSM2019年8月发布了GS ZSM网络全生命周期自动化的总集成框架需求、架构和术语V1.1.1版本。

GSMA认为要最终真正实现智能自治网络，需要整个行业形成统一认识和理解，不断明晰智能自治网络的概念、各个发展阶段及其目标，共同孵化相关案例。GSMA在2019年10月发布《智能自治网络案例报告》的报告中阐述了智能自治网络三层架构和5个阶段划分。

Orange2019年11月TM Forum峰会中提出，不同的定义和实现方法是自动驾驶网络的重要障碍，需要制定一致的自动驾驶网络愿景，否则将导致不同运营商和供应商的各种平台和方案无法互操作。



华为2018年9月提出电信网络走向自动驾驶的愿景、目标、五级演进路线和系统架构，并呼吁产业共同定义清晰的标准来牵引技术创新并指导落地。自此以后，华为一直致力于和产业各方密切合作。2019年5月华为在TMF尼斯峰会与TMF、中国移动联合发布AN V1.0白皮书。2019年7月华为联合TMF、运营商、OSS厂家等启动AN V2.0白皮书、AN V1.0标准架构、AN分级和评估标准制定，并计划在2020年TMF等相关峰会或展会上发布。2019年11月华为在ETSI发起自动驾驶网络小组讨论。2020年1月华为在CCSA TC7与中国移动合作，支持移动通信网络管理智能化水平分级项目。另外华为还分别与中国联通、中国移动等成立联合项目组开展基于现网的实践创新，推动制定自动驾驶网络企业标准，通过实践不断推进标准成熟和商业价值验证。

自动驾驶网络产业的发展建议

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。如运营商可侧重在商业运营创新及网络运维流程创新；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；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；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；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，提出以下几点建议，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。



第二，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：第一，深化自动驾驶网络分级标准，即围绕网络“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；第二，建设自动驾驶网络的评估体系，即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，也促进各方力量的凝聚。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。

第三，推动电信行业人才转型，发挥运维人员的最大价值

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。未来电信领域会出现“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工作习惯，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。

发掘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，与其他战略举措同样重要，我们坚信需要辅以相关的人才培养与发展计划，以匹配网络的智能升级。

自动驾驶网络产业的发展，离不开全球产业组织、设备商和OSS/BSS厂商协同推进技术与设计思路的升级，也离不开运营商的创新实践与商业牵引。我们认为，产业应当借鉴移动通信3G/4G/5G的发展规律和成功经验，结合新技术的发展持续迭代，一方面共同制定面向L4级的参考架构和标准，另一方面在未来1~2年，聚焦3级标准和应用场景的完善细化，加速阶段性商业价值的兑现。华为愿与产业各方密切合作，为自动驾驶网络的早日实现共同努力。

HOT FOCUS

热点聚焦

自动驾驶网络，使能全光网络高品质变现

智简接入自动驾驶引擎，使能F5G智能社会

数据中心网络自动驾驶引擎，加速企业数字化转型



自动驾驶网络，使能全光网络高品质变现

文/宋越刚



宋 越 刚

iMaster NCE-传送接入领域总裁

光传送网络具有大带宽、低时延、超稳定等天然优势，自诞生以来就是整个通信网络的核心基础。在通信网络中往往采用跨层的架构，将光传送网络定位为承载IP网络、PON网络的底层枢纽网络，从而实现这些业务网络数据的远距离传输。因此，光传送网络在很大程度上成为运营商整张网络的基建中心，支撑其他业务网络实现价值变现。这一定位决定了运营商在不同网络的投资策略，例如PON网络与家宽业务的商业规划进行绑定和投资。IP网络与移动业务的商业规划绑定，尤其是基站的覆盖绑定和投资。他们的投资策略体现出运营商的商业诉求。而光传送网络作为底层枢纽网络，往往基于流量需求进行建设投资，缺乏前瞻性。

迈入万物互联的智能时代，高清视频、VR/AR、云数据中心以及工业4.0新兴业务对通信网络提出了更“苛刻”的要求。通信网络不仅要支撑新兴业务带来的爆发式联接的快速增长和随需变换，还要提供不同业务的体验保障。未来运营商的商业成功将围绕用户体验差异化构建。将跨层网络简化为极简架构能大幅降低网络复杂性，同时大幅提升数据传输的通量和效率，而光传送网络在天然的大带宽、低时延和高稳定之外，加上MS-OTN、Liquid OTN等技术实现了全业务接入和基于2Mbps小颗粒无级变速的能力。从“硬”实力上看，选择建设一张扁平的全光传送业务网，将成为智能时代下运营商满足差异化用户体验的优先选

择。但在“硬”实力之外，如何帮助光传送网络实现智能时代新兴业务所需的“随时响应、随需变换、极致的连接体验”，将成为光传送网络演变成为全光生产网络，

从运营商网络中传统的成本中心走向新的价值中心的关键所在。

品质变现——光特性天然优势收获商业增长

全光网“大带宽、低时延和高稳定”三大优势品质中，“带宽”已经具备了成熟的商业模式，带宽=价格的商业逻辑是当前全光网最直接的变现手段，而对于“低时延”和“高稳定”同样具备较大潜力。

金融市場研究和战略咨询公司Tabb集团报告指出，“每1ms的时延，能影响100万美元收益”，“如果交易落后对手5ms，将造成1%的损失；落后对手10ms，将造成10%的损失”。由此可见，“低时延”天然具备商业变现的市场需求基础。

传统运维系统，并没有时延管理系统，时延测算依赖于人工测算，包括站内时延、链路时延（光纤距离、光纤损耗），成本高精度低。再者，时延指标与业务没有清晰的逻辑关系，缺少专业的管理和监控支撑，这正是当前低时延变现的关键突破口。华为针对波分专线业务的时延问题，基于随流的真实时延度量，率先推出了“时延地图”综合解决方案，实现品质变现。首先，基于G.709标准，定义OTN设备时延测量方式，精准采集、链路时延数

据。其次，将时延数据可视化还原，实时Dashboard展示，从而实现对网络高精度端到端时延的监控管理。这一行业创新，很快在中国联通、中国移动、中国电信、意大利Fastweb、德国ARD等多个运营商进行了率先商用，引领光传送行业进入“低时延”的数字化管控时代。

关于“高稳定”的优势，其实也并不难理解。迈向5G大数据时代，众多企业和行业愿意为更稳定、更可靠的联接支付更高的成本，在欧洲、亚洲等区域，部分运营商的产品套餐中已经有了按照不同可用率差异化来定价的销售模式。但目前行业普遍只能通过业务的不同保护级别来定义估算的可用率等级，无法考虑光纤的长度、光纤的质量等综合因素。这种估算的可用率指标并不准确，难以作为客户承诺进行商业变现。基于此，华为iMaster NCE正紧密联合运营商联合创新“可用率地图”，构建光纤、设备、业务类型等全维度评估的可用率体系，这一行业创新又将引领全光网络实现“高稳定”优势的商业变现。

超快开通：业务随时响应实现自动化变现

新兴业务往往需要随时的联接建立响应和随需的联接调整，以应对未知和多变业务创新需要。要实现“随时响应、随需变换”，需要从两方面着手。

其一，海量联接业务的敏捷发放和带宽调整

诸如公有云、大数据等众多业务需要定期进行跨地域的数据同步，线上商城面临诸如双11、黑色星期五等流量爆发期。他们对新联接的建立和已有联接的调整存在着确定的和不确定的“随时响应、随需变换”需要。相应的，运营商需要具备快速建立和调整联接的基础能力，并能够将这一能力通过Online在线的平台对大家进行开放，从而让各类应用的提供者能随时随地、从容的应对业务的变化。

其二，客户侧CPE设备快速部署和业务自通

在实现了联接业务实时在线的“随时响应、随需变换”的之外，我们还需要关注线下的客户侧CPE的部署问题。这类设备是部署在客户机房的边缘联接设备，往往需要多次上站进行安装部署和验收。来自中国运营商的数据显示，CPE部署需要3次上站，分别进行硬件安装、软件调测和业务验收。此外，软件调测过程还需要身处远端站点的软件工程师和在运营商运维中心NOC的运维人员通过手机



连线等方式进行协同工作。整个过程需要3–5个工作日。客户侧CPE设备部署成本高、效率低的现状可见一斑。

为了减少上站次数、避免远端和NOC的耦合作业，行业不断呼唤“即插即用”的解决方案。全光网领域即插即用需由CPE设备、其他光传送设备以及上层管控平台的协作创新，解决设备自动发现、模型化配置、联接预建立以及各个环节的容错和自调整等问题，从而实现真正意义上的即插即用：

1. 在NOC先预制好CPE的配置模板，打通CO->CO管道，免去现场规划反复；
2. 客户申请了专线后站点工程师携带CPE去客户侧直接安装，自动上线；
3. 个性化的客户业务自动补全，完成业务联接打通。免去CPE上线后，人工参与的业务开通过程，缩短了从部署到连通的等待时间；
4. 免仪表的业务自动验收。再减少一次上站。

有了以上两个关键能力，系统才能随时响应业务诉求，极大缩减业务开通成本，实现自动化变现。

极致运维：AI加持，实现智能化变现

光传送网络具备天然优势的代价是系统的高度复杂性，如信号调制、放大、混频、降噪、色散补偿技术综合运用。这些技术也给系统的维护、故障定位带来了困难。

Gartner指出，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、复杂的计算工作，还可基于海量数据提升通信网络预防和预测能力，使能高度自动化和智能化的电信网络运营。

华为通过“设备+AI”、“网络+AI”和“云+AI”的三层AI框架，在底层设备内置oDSP、OTDR/OFDR、DL、LS等智能探针，通过设备增强算力倍增的计算能力，实现边缘AI的数据加速和本地处理。在云端，通过iMaster NAE构建的数据湖、训练平台、AI市场和推理框架四大能力，对通信网络产生的海量数据进行高效的规整、建模、训练和推理迭代，再将输出的算法通过iMaster NCE与网络闭环验证。

如何从海量告警中智能定位故障根因？

2019年，我们通过智能告警压缩和根因分析技术，帮助中国运营商将每天近20000条告警汇聚分析到1000条以内的Incident事件，告警收敛率超过了96%。这是如何实现的呢？首先，对现网海量的告警数据进行降噪过滤，即识别并标注出重复上报告警、工程状态告警、闪断告警等无效的告警数据，进行一次粗筛，减少告警量；其次，按照相关性规则对告警进行聚合，例如通过告警所在对象的拓扑关联、上下文关联，故障发生时间的先后关联等对告警进行关联汇聚，形成相关的Incident事件；最后，利用AI算法，进行Incident事件内和Incident事件之间的根因识别、故障场景识别和业务影响分析，从而找出导致Incident事件发生的根因告警。将告警转译为精准的网络故障工单。

如何主动预防光纤和光通道性能劣化？

除了精准识别故障根因，AI大数据还能通过网络性能、业务趋势以及网络资源数据综合分析，实现精准的



资源预测能力。基于此，华为iMaster NCE帮助亚太运营商实现了准确率超过90%的月度网络扩容预测，避免了紧急扩容所带来的漫长的客户业务等待时间。

此外，我们知道，光网络的故障中，60%以上与光纤故障有关。提升光网络的质量的核心就是减少光纤故障率。但传统光网络运维往往是针对已经发生的故障快速定位，而缺少对故障的有效预防。因此，我们需要尝试对光纤进行主动的健康度评估和管理，从而提前预防以减少光纤故障率，提前调整以减少光纤故障对业务的影响。华为iMaster NCE通过精准的光线路亚健康指标采集，包括光纤（OTS）功率、光衰和波长（OCH）光功率、误码率、光信噪比的监控、数据分析、算法建模实现光线路劣化趋势预测，能提早找出潜藏在网络中的业务风险，从而大大减少网络中断或质量事故的发生，目前实验室预测准确率已超过90%。利用AI技术，iMaster NCE实现了电信运维由人工分析向自动化的转型，并向主动预防的领域迈进。

尾声

华为iMaster NCE采用“品质变现、超快开通、智慧运维”三大理念基于三层AI的架构开展软硬结合的系统级创新，面向全光网逐步演进到自动驾驶网络。而在AI使能自动驾驶网络的同时，传统的运维人员也正在积极转型为兼备丰富网络运维经验和AI知识技术的新型运维人才，成为联接“网络世界”和“商业世界”的关键要素，基于开放可编程的平台能力不断沉淀和积累网络技术和运营运维经验为自动化和智能化的平台能力，并快速融入不同运营商的差异化运营和运维流程中；将“品质变现”能力赋能给运营商的售前、售中和售后团队；将网络“超快开通”能力赋能给最终用户千人千面的线上自助服务平台；将“智慧运维”能力嵌入运营商的全生命周期运维流程，迈向人机协同的预测、预防性维护。



路曲途明，作为全光传送网络“自动驾驶”的践行者，华为iMaster NCE-T已经在全球100+客户局点商用。展望未来，华为将继续与全球运营商深度合作、联合创新，逐级迭代“自动驾驶的光传送网络”的智能化水平，丰富其商业内涵。

智简接入自动驾驶引擎，使能F5G智能社会

文/曾小龙

“ 随着通信技术的不断发展，无处不在的视频、游戏、企业互联，给人们的生活带来了翻天覆地的变化，也驱动网络进入了千兆时代。放眼未来，两种主流接入方式（光纤固定接入和5G无线接入）的有效协同，将会使物理世界加速向数字世界迁移，一个万物互联、万物智能的时代将被开启，其中光纤固定接入目前正跨入以10G PON技术为代表的第五代Cloud VR时代，我们称之为F5G。 ”





曹 小龙

iMaster NCE-FAN业务产品部部长

ETSI					
	F1G	F2G	F3G	F4G	F5G
Generation	Narrowband 64 K	Broadband 2 Mbps	Ultra-broadband 20 Mbps	Megabit ultra-broadband 100 Mbps	Gigabit ultra-broadband 1–5 Gbps
Typical service	Voice	Internet	Video	UHD Video	VR/8K video Cloud gaming Smart City
Technology	POTS	ADSL	VDSL/ vectoring	GPON+ Wi-Fi5	10G PON+ Wi-Fi6
Mobile	1G Analog Voice	2G GSM/CDMA	3G W-CDMA/ CDMA2000	4G LTE	5G Mobile Gigabit

网络演进迎接F5G时代，运营商面临新的挑战

运营商基于F5G网络为客户提供丰富的应用，推动着整个社会的信息化智能化水平。运营商为千家万户的家庭用户提供网络、语音、视频、智慧家庭等服务，为千行百业的商企客户提供上网、互联、上云等服务，为移动基站数据回传和企业园区提供一体化承载方案等。

在提供这些综合业务接入的过程中，伴随着网络技术和服务的持续演进和发展，这对运营商提出了更高的要求：

- PON网络做综合接入，面向多业务场景“建装维营”一体化水平，决定了运营成本控制能力；
- 信息大爆炸的时代，数据治理的水平，决定了经营的盈利能力；
- 业务持续变化，网络开放的水平，决定了面向未来的适应能力；

这三方面的挑战具体到运营商的运营流程，可以看到在各环节都有严峻的问题亟待解决：

· 运营阶段

千兆应用逐步丰富，如何能快速找到目标用户，迅速上量？千兆应用的用户体验如何？如果体验不好，是什么原因造成的？

· 建设阶段

新一代的10GPON网络应该如何在现有网络的基础上

进行演进？节奏如何？如何识别出关键区域优先升级？如何保证有效的投资回报率？

· 业务开通阶段

如何确保光路资源的数据准确性，提升一次开通成功率？开通过程中如何减少上门安装甚至不用上门安装？

· 维护阶段

如何避免投诉驱动，提前发现问题？如何避免依赖上门维修和人工经验定位问题？如何提升故障响应时长，降低上门率？



接入自动驾驶引擎，驱动F5G商业正循环

商业正循环：运营升级 → 服务和产品升级 → 网络升级

为了面对新的挑战，首先运营商需要进一步提升数字化运营水平，进而把数字化能力对客户显性化。过去运营商的数字化能力不足，主要用于内部，但是到了F5G时代，应用爆发式增长，业务体验已经成为客户选择运营商的首要考虑要素，因此把数字化能力转换为客户可以感知的服务体验，是F5G时代运营的关键特征。哪个运营商可以给用户提供更好的体验，哪个运营商在未来的竞争中就可以取得优势。

运营商基于对客户显性化的服务能力，把“硬件+服务SLA”包装成新的产品，客户获得了更好的服务体验，自然更有意愿尝试新的套餐，对运营商来说收入也就有了保证，这样就能投资更多的资源到网络升级中，进而再次提升服务水平，形成了一个完整的商业正循环。

接入网络自动驾驶引擎，就是数字化运营引擎

下一步我们将对数字化运营能力的构建进行深入的探讨。数字化运营的基础是构建一个物理全光接入网络的数字镜像，使得运营商对任何物理网络发生的情况都有实时的感知；然后，基于大数据和AI的技术，对已获取的信息进行深度的分析和处理；最后，基于这些实时的感知和科学分析的结果指导运营商的建设、业务开通、维护和运营全流程，实现全流程的自动化、智能化。

从自动感知到分析，再到应用闭环的能力抽象，我们称之为接入网络自动驾驶引擎，下面我们分阶段阐述自动驾驶引擎的能力。

自动感知：物理世界向数字世界的迁移

物理接入网络的实时感知，从内容上我们分为4类：

- 商业环境信息，如楼宇信息、小区住宅信息、管道、杆路、人手井等信息；
- 物理设备信息，如OLT设备信息、ODN设备/端口/纤芯信息、物理设备所在位置信息等；
- 逻辑网络信息，如网络拓扑/链路信息、网络配置/性

能/告警信息、拓扑/链路与物理存量的匹配关系等；

- 用户业务信息，如用户业务套餐信息、用户业务体验KPI、业务类别/流量/质量与拓扑的匹配关系等；

物理网络信息的采集和获取是运营商构建接入网络自动驾驶引擎的第一步，也是最关键的一步。只有具备这些信息的实时感知能力，运营商才有智能分析的基础。否则再好的算法和工具也是无源之水，无法发挥作用。四类数据中目前对运营商来说最难以获取的数据是用户业务体验数据，为了避免使用DPI侵犯用户隐私，可结合大数据AI算法从流特征进行分析用户体验。



智能分析：数据价值的极致体现

在实时感知到物理网络信息的基础上，运营商具备了进一步挖掘数据价值的基础。数据价值对运营商来说总体是体现在3个方面，降低运营成本（OPEX）、提升运营收入（Revenue）和辅助规划保障投资有效性（ROI）。下面从这3方面分别阐述如何对信息和数据进行加工处理。

· 提升运营收入（Revenue）

基于用户数据的采集和建模分析，识别用户的体验瓶颈，针对性地进行套餐组合销售，可以提升用户的ARPU值，进而促进运营商增收。体验瓶颈可以分为带宽体验瓶颈和应用体验瓶颈，识别出两类瓶颈之后可以采用不同的方式进行价值变现。

· 辅助规划保障投资有效性（ROI）

10GPON网络综合业务接入区域的精准规划和投资是

运营商关注的问题，通过物理位置信息和现网设备的流量峰值/丢包等趋势判断和分析，对10GPON网络的规划建设提供精确的指导，有效保护运营商的投资。

· 降低运营成本（OPEX）

运维成本一直是运营商支出的重要部分，在光纤基础设施越来越普及的F5G时代，无源ODN网络和ONT家庭Wi-Fi网络的故障是用户投诉的主要原因，两个因素合计占用户投诉根因超75%。因此，针对无源ODN网络和家庭Wi-Fi网络的故障进行主动的识别和预防，对运营商来说有重要的意义。

应用闭环：提升全流程自动化智能化水平

基于实时的物理网络信息感知和大数据AI智能分析，运营商可以应用这些结果到各生产流程里面，全面提升自动化智能化水平，应对千兆全光接入网络的建设和运营过

程中的困难和挑战。

· 运营阶段

识别体验瓶颈，精确定位目标客户；对体验SLA明确承诺，套餐溢价，提升品牌形象。

· 建设阶段

识别价值区域优先进行10GPON网络升级，推广千兆套餐和应用，保证投资有效性；ODN网络可视可管，资源有效利用。

· 业务开通阶段

资源准确性提升，一次开通率高；ONT即插即用，安装免上门。

· 维护阶段

ODN和家庭网络故障主动识别，精确定位问题原因和位置，避免装维工程师无效上门。



iMaster NCE：华为智简接入网络自动驾驶引擎

华为公司为了支撑运营商构建接入网络自动驾驶引擎，应对F5G时代的面临挑战，基于“管.控.析”融合的大数据智能平台，推出了iMaster NCE-FAN品质宽带解决方案（后续简称：NCE-FAN），落实接入自动驾驶引擎中的不同能力，推动运营商的数字化运营能力升级。运营商基于NCE-FAN提升家宽数字化运营能力，推出更好的服务和产品，包括Wi-Fi速率、丢包、时延等体验承诺和故障响应时长承诺，有效改善用户的宽带体验，同时提升了运营收入，带来了网络设备的更新换代和升级，实现商业正循环。

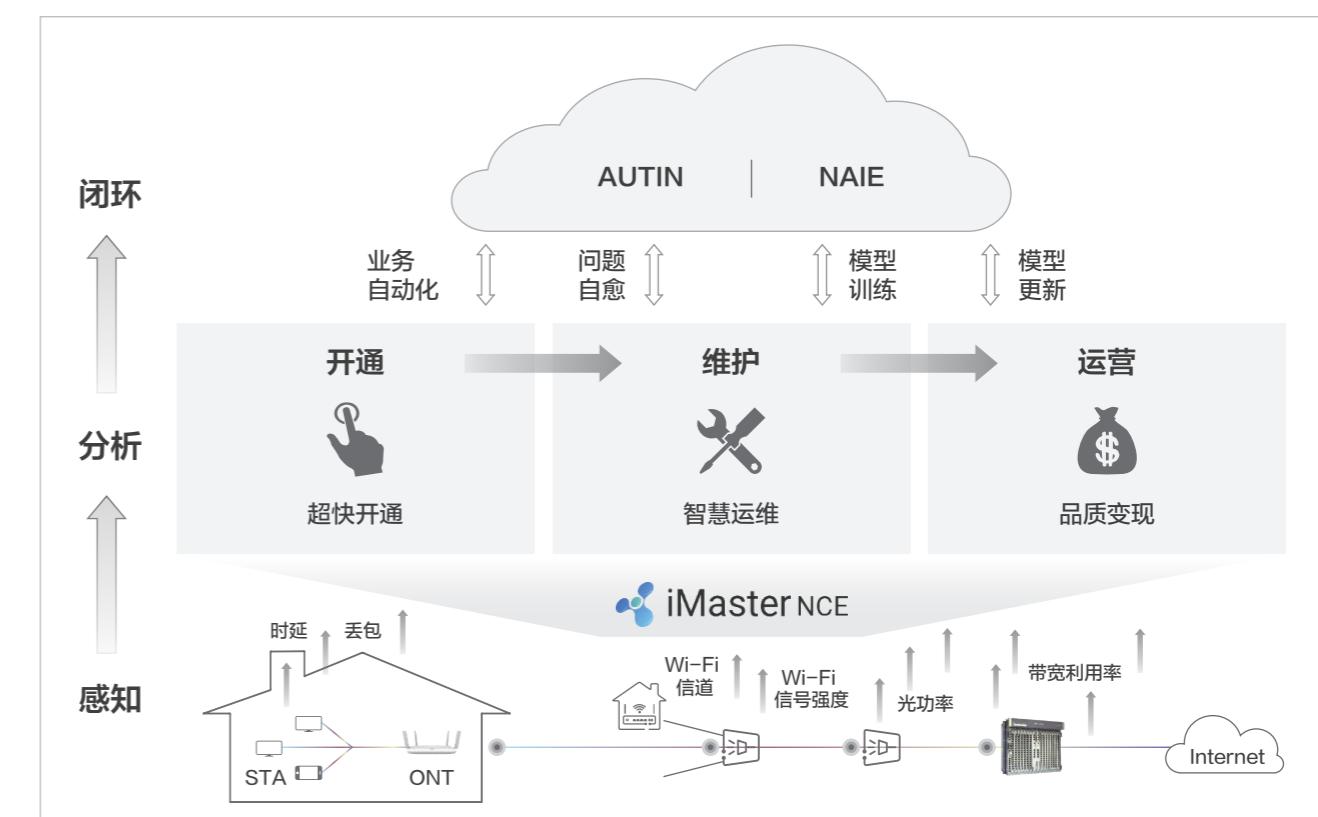
NCE-FAN提升运营商的家宽数字化运营水平

作为业界首个“管.控.析”融合系统，NCE-FAN实现了物理网络与商业意图的有效连接，向下实现全局网络的集中管理、控制和分析，面向商业和业务意图使能资源云化、全生命周期自动化，以及数据分析驱动的智能闭环；向上提供开放网络API与IT系统快速集成。

首先，NCE-FAN在接入网络设备能力的基础上，通过对网络数据的秒级采集，对网络信息具备准实时的感知能力，其中包括了设备信息、网络信息、业务体验信息等。

然后，基于AI算法和大数据分析能力，NCE-FAN构建了“超快开通”、“智慧运维”、“品质变现”三大能力，分别对应于运营商业务生产流程中的业务发放、业务维护、业务运营三个环节。

最后，三大能力通过华为AUTIN/NAIE系统嵌入到运营商的生产流程中，最终分别在业务发放、业务维护、业务运营环节中实现闭环。





下面对NCE-FAN三大能力分别进行介绍：

· 超快开通

NCE-FAN提供面向安装部署自动化场景的控制器模块，提供接入网络自动化能力，通过业务级API简化OSS对接，业务流程可编程，实现ONT的即插即用，OLT的部署免软调。

同时，由于ODN网络的无源属性和不断的施工变更导致资源系统数据不准确，造成了资源沉没和浪费。NCE提供面向无源ODN网络的管理模块，提供ODN网络可视可管可远程验收的能力，AI图像识别免人工录入数据，实现ODN资源100%精准管理；远程光路施工验收，降低人力成本。运营商可以实现对ODN网络资源细粒度管理，保证资源的有效利用。

· 智慧运维

接入网络运维的难点在于ODN网络和家庭网络，针对这两大运维难题，NCE-FAN基于大数据智能平台构建故障诊断能力。

对于ODN网络，NCE-FAN提供面向接入网络整体数据采集和分析的单元，通过采集光路数据和大数据智能分析，内置10+光路故障模式库，光路拓扑还原准确率95%，实现接入网络SLA可视和保障，精确定位光路故障原因和位置，提升故障处理效率，提前发现光路弱光问题，消除投诉隐患。

对于家庭Wi-Fi网络，NCE-FAN提供面向家庭网络数据采集和分析的单元，通过采集家庭Wi-Fi数据和分析，实现家庭网络问题53.5%可远程定位，11.3%可远程解决，1000+款质差路由器精准识别。通过识别干扰和覆盖问题，远程Wi-Fi调优，避免运维工程师上门排查和处理。

· 品质变现

对于最终用户，NCE-FAN提供面向用户体验的数据采集和分析单元，可以感知用户在使用宽带业务的时候质量情况。用户体验分为带宽体验和应用体验，NCE-FAN在这两方面都构建了自己的能力。

带宽体验瓶颈指家庭网络中存在瓶颈点，使用户的体验带宽小于签约带宽，这种瓶颈点可能是网线/质差路由器/单频光猫等原因造成，NCE-FAN通过家庭网络信息的感知和大数据分析，运营商可以精确定位家庭的带宽体验瓶颈。NCE-FAN目前支持5类业务承载能力评估，针对每类不满足的场景，可进一步精准识别带宽体验的瓶颈点，如带宽不足、单频网关、自购路由器等，准确度大于90%。运营商基于这些能力，可以针对性的销售组网套餐，在用户使用过程中提供带宽保障，在提升用户满意度的同时，还可以增加收入。

应用体验瓶颈指的是游戏、VR、远程教育等千兆应用的体验瓶颈，主要KPI指标是带宽、时延、丢包、抖动等，NCE-FAN通过对网络信息的感知和分析，可以准确识别出这些体验瓶颈，帮助运营商推出相应的套餐服务，如游戏宽带、教育宽带等，提供VIP式体验保障。NCE-FAN通过消除瓶颈可以支撑运营商热门业务/应用的SLA承诺，进而增加销售收入。

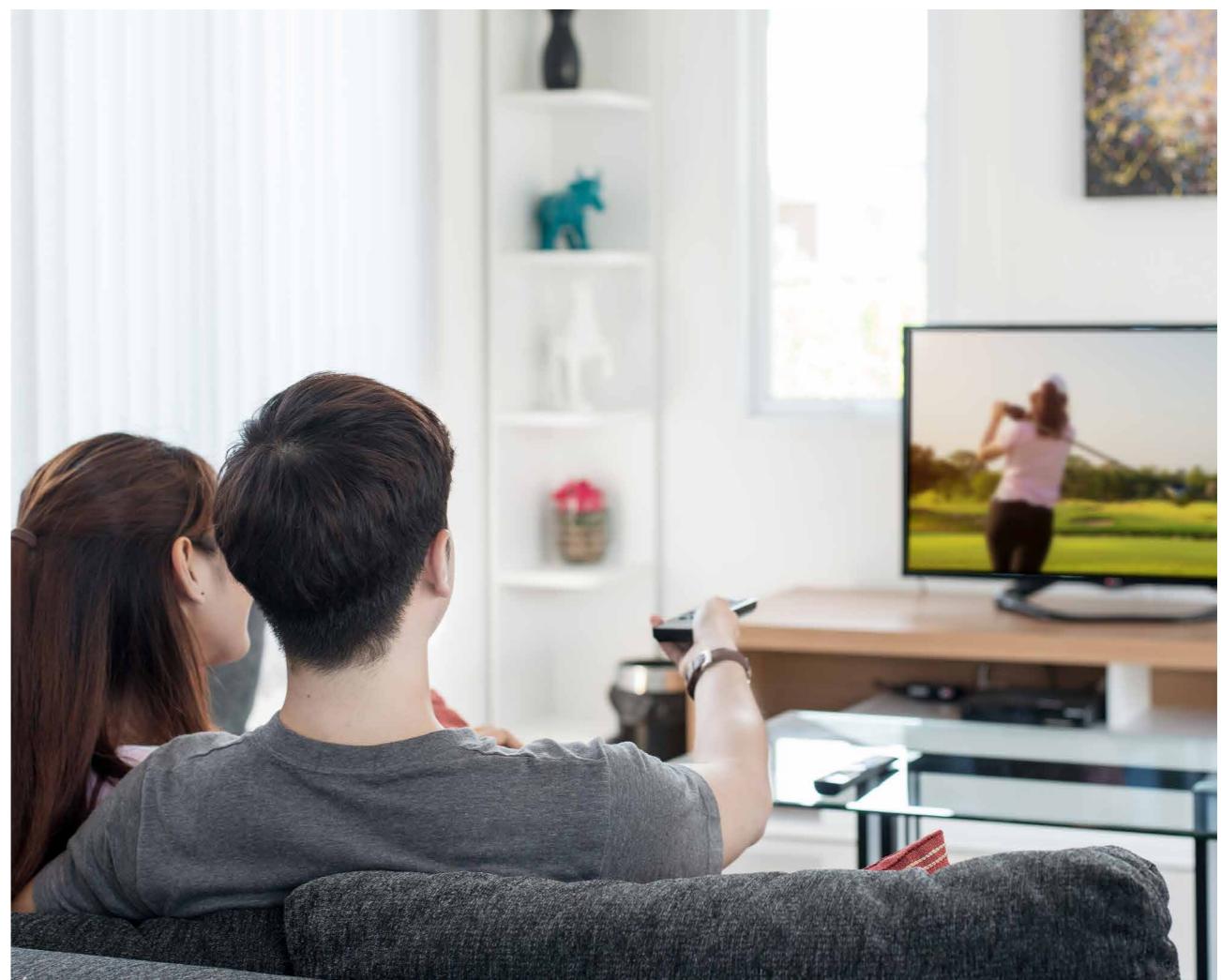
NCE-FAN商用进展

华为致力于打造“将复杂留给自己，把简单带给客户”的自动驾驶引擎，聚焦降低运维成本和提升运营收入两大核心目标。截止目前，通过不断的创新和客户合作，NCE-FAN品质宽带解决方案已经在全球80+局点成功商

用部署，帮助客户构建接入自动驾驶引擎，使能接入网络自动化智能化，为最终客户提升超宽体验，推动F5G智能社会的到来。

中国电信BJIC河北电信案例：

河北电信基于NCE-FAN家庭网络管理能力，提升了家庭网络运营水平，不但可以对家庭网络故障进行远程监控和修复，还可以远程评估家庭带宽瓶颈，针对性的进行组网套餐销售。河北电信于2019年11月发布“当当慢2.0”升级套餐，200M@客厅/房间/全屋的产品及服务深受用户欢迎，营销成功率提升5倍，运维效率提升30%。通过对客户安装时长、维修时长、体验带宽的承诺，提升客户感知，业务得到快速发展，这就是数字化运营能力显现化的成果。





数据中心网络自动驾驶引擎， 加速企业数字化转型

文/王辉

企业数字化转型深化加速，网络面临新挑战



王辉

iMaster NCE-E业务产品部部长

随着全球企业数字化转型2.0时代的到来，企业数字化已经从降本增效变成生存之本，特别是这次新冠疫情，让每个都深刻感受到了企业ICT能力的重要性，从远程办公到端到端的研-产-销协同，企业的数字化能力决定了企业的快速响应和应急创新等能力。

IDC2020年全球IT报告显示，数字化、云服务和安全仍然是企业IT支出的重点，数字化的产品和服务将引领企业进行转型；Gartner也预测，2020年全球IT支出总额增长

3.7%，到2023年，60%以上企业将视网络为数字化战略的核心。

数据中心网络作为承载企业所有数据和业务的中心，其庞大规模和复杂性已经超出人力有效管理的能力极限，急需通过机器学习、机器推理和自动化等多种先进技术结合在一起的新系统，满足业务需求，简化运营，智能辅助人类决策，最终实现数据中心网络高度自治。

事实上，过去几年里，SDN的广泛部署和成熟商用，解决了数据中心网络业务自动化发放问题，使得数

据中心网络的自动化程度提升到一个新的高度。但是，从数据中心网络规划设计、安装部署伊始到运营维护等全生命周期来看，其面临更多问题与挑战：

- 大企业和运营商总服务器数量已突破万级，且随着数据的膨胀而呈指数增长，新建和扩容数据中心网络项目越来越多，而现有数据中心网络建设效率已经不能满足业务迅猛发展的需要。

- 企业通过持续创新挖掘新商机，创造收入增长点，大量新应用急需快速开发和上线，业务频繁变更。以华为金融行业客户为例，年均变更3000次以上。这给网络团队带来巨大困难甚至是人力不可能无差错完成的任务，事实上，约70%的网络团队投入一半以上精力用于网络变更包括前后方案设计和评估校验，然而，仍有约40%的数据中

心网络故障由人为差错导致。

- 数据中心网络运维阶段对网络分钟级监控的现状，已经跟不上应用发展带来的新诉求。例如，大量应用如移动支付、秒杀抢购等业务体验要求在秒级，这导致上层应用先于网络感知故障并投诉，网络团队十分被动，承担着给业务造成严重损失的巨大压力，而故障定位仍主要依赖专家经验，逐段定界、逐流分析、抓包定位，效率十分低下，数据中心网络平均故障定位时间>76分钟。

- 云应用会跨越异构/多云的基础设施部署，但需要提供一致的网络服务。这就需要解决异构环境之间网络管理问题，使得用户能够完成以业务意图为导向的统一管控。同时，屏蔽基础设施层不同设备差异以及各种私有接口，进一步地解除厂商锁定。

华为iMaster NCE，使能数据中心网络走向自动驾驶

华为凭借在9200个数据中心网络广泛商用部署而对自动化和运维业务的经验积累和深入理解，将AI、大数据以及自动化等技术与数据中心网络深度结合，推出面向数据中心网络场景的自动驾驶网络管理控制系统iMaster NCE-Fabric。

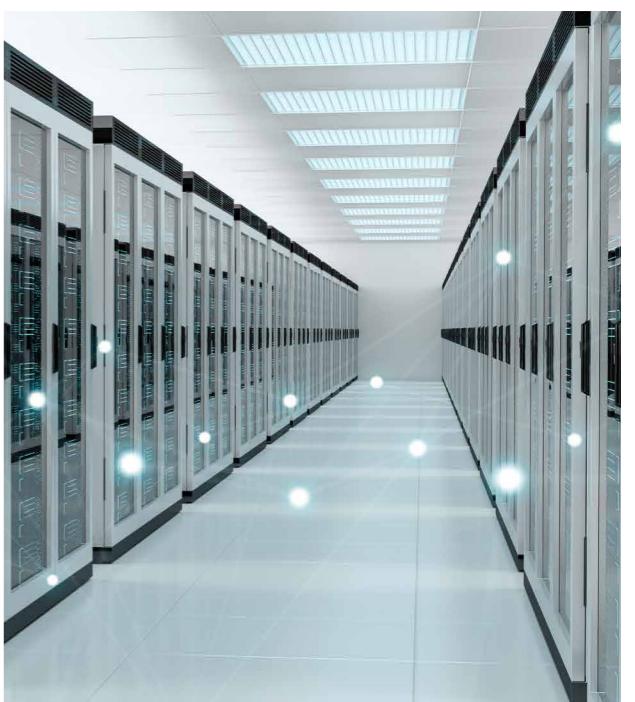
iMaster NCE-Fabric（下文简称NCE-Fabric）是集管理、控制和分析一体化的自动化与智能化平台，承上启下连接业务意图与网络，对数据中心网络进行集中管理、控制和分析，为用户提供数据中心网络“规-建-维-优”全生命周期、以意图为中心的高度自动化能力，通过构建智能决策系统，从根本上将被动执行用户指令的网络工具转变为主动辅助用户决策的专家系统。

下面我们就具体介绍下iMaster NCE-Fabric为数据中心网络带来的新的典型应用和重大价值。

极简建网，部署效率提升3倍

数据中心规划设计伊始，网络部门根据计划承载业务量、安全性、网络性能、技术演进和远期扩容等因素，由专家设计数据中心网络，包括组网架构、设备选型和系统协同等，工作量大，效率却较低；由于此阶段无实际设备，仅从理论上分析网络所承载业务量、可靠性、网络流

量模型等，无法准确保障设计符合预期；而设计阶段输出的LLD等交付件，不能无缝与开局建网阶段对接，仍需手工输入参数或导入配置文件进行开局，任务重复繁琐；网络部署完成后，人工执行验收用例，验证网络是否符合设计，耗时耗力易出错。



NCE-Fabric能够基于用户意图进行智能化数据中心网络设计，推荐设计方案，并将设计与开局建网一体化完成。例如，用户希望建设一个1000台服务器规模数据中心网络，要求高可靠性。NCE-Fabric能够识别用户输入意图，自动化设计网络方案，并对方案建模仿真，评估流量、链路可靠性和设备可靠性等，最终为用户呈现推荐的网络设计方案、配置脚本和评估报告。用户可审视方案进行灵活调整、确认设计是否符合预期。待确认方案并将设备连线上电后，NCE-Fabric一键启动网络自动化部署，对所部署网络进行校验、为用户提供验收测试报告。

NCE-Fabric作为专家系统提供数据中心网络设计方案，并自校验和部署，能够彻底，彻底解决规划设计-建网的效率低下等问题，并保障这一阶段无人为差错，大幅降低用户建网时间和成本，规划-建网周期从1个月降低到1周之内。

精准变更，业务配置零差错

数据中心网络的主要使命是承载业务和数据，因此需要极速响应业务需求。大量新业务上线和业务频繁变更，华为金融客户年均变更3000次以上，导致70%的网络团队每月投入一半以上精力用于网络变更，包括前后方案设计和评估校验。事实上，业务变更最典型的诉求是业务互访关系和策略变更，对应网络需要调整DC间或DC内，跨VPC、业务链、防火墙策略和负载均衡策略等，当前网络变更主要依靠专家经验设计变更方案、评估变更影响、实施变更和人工检查，而由于网络的复杂性，依靠人工保障网络变更不出错已经是不可完成的任务。

NCE-Fabric能够基于用户意图推荐网络变更方案，通过建模仿真，评估变更风险和影响，自动化执行变更，并在变更后进行校验，确保变更符合预期，实现网络配置零差错。同时，创建持续监控任务，为业务正常运行提供持续性保障。

智能运维，故障5分钟自闭环

智能运维的核心主要包括两大方面：一是日常运维中能够及时主动发现异常、感知故障，并能够智能定位和自主修复故障；二是实现预测性维护，即在故障发生前识别风险，防患于未然。



NCE-Fabric基于Telemetry技术实时采集数据，实现对设备、网络、协议、Overlay、业务进行5层网络健康度的全面评估并生成报表，帮助运维人员“看网识网”，直观地呈现全网整体体验质量，可对80%的网络故障1分钟内主动感知；将知识图谱优化并应用于网络，通过持续学习和训练，实现对7大类75种故障3分钟故障根因定位；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。我们也根据故障主动感知、定位和修复的极速智能化特点，将这一价值场景简称故障1-3-5。

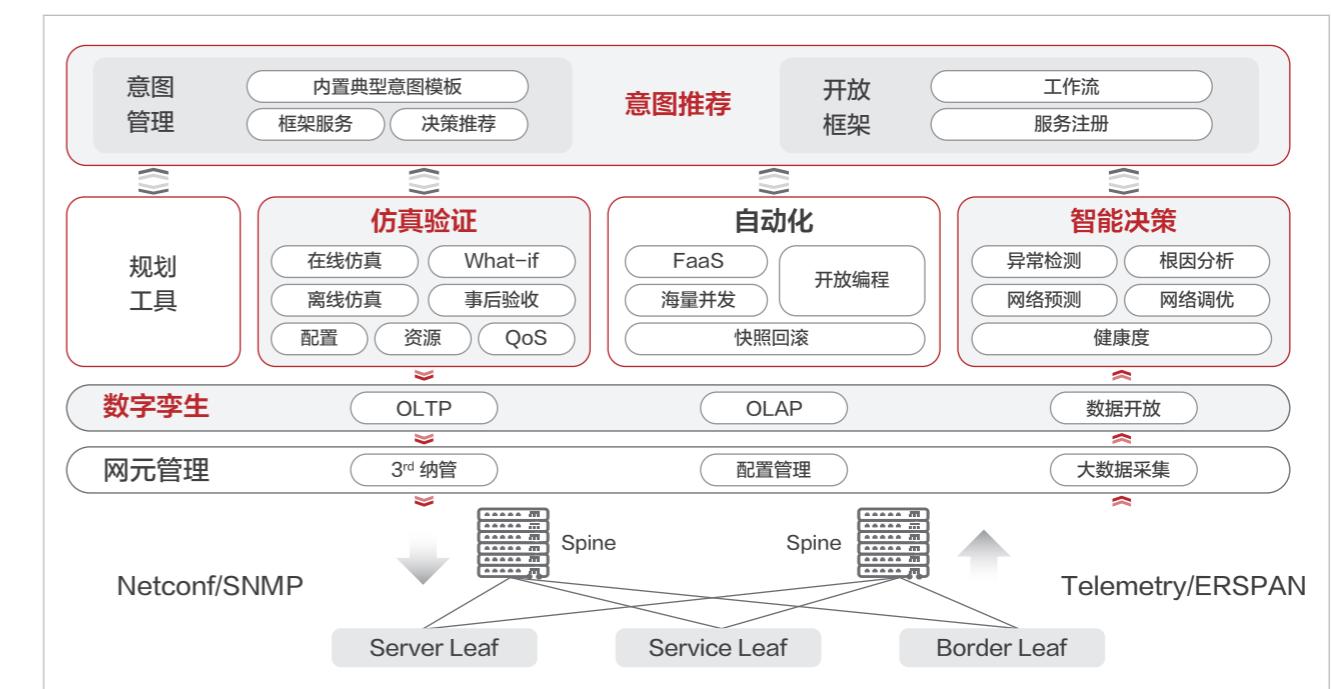
NCE-Fabric跨越时间障碍、突破壁垒，预测某个设备器件未来有多大概率发生故障，或某项业务未来某个时间点将发生质量劣化，并提供预警。比如，基于逻辑和线性回归算法，预测全网光模块状态，先于业务受影响前识别出异常光链路，避免故障发生。



1个基础+3大关键能力构成iMaster NCE系统核心

NCE-Fabric数据中心自动驾驶网络管理控制系统，在原有自动化能力基础上，增加1个基础和3大关键能力：1个基础是指构建数字孪生模型，3大关键能力包括意图推荐、仿真验证和智能决策，从而能够作为专家系统提供网

络设计/变更方案和故障处理方案，辅助人类决策，并持续保障业务稳定运行，实现以意图为中心的“规-建-维-优”全生命周期闭环。



图：iMaster NCE-Fabric系统架构

数字孪生，将物理网络映射成为数字模型

数字孪生（Digital Twin）是指将物理网络映射成为数字模型。构建数字孪生网络模型，首先需要收集网络相关的历史数据，包括网元存量数据、网络业务配置数据、各类性能数据和告警数据、日志等等。收集到的原始数据通过数据仓库进行加工，建立三维五层模型。

Digital Twin可基于模型驱动自动生成网络拓扑，基于智能布局快速还原物理网络拓扑结构，帮助运维人员快速识别网络、设备特征，提升运维效率。同时，每一时刻多维信息都会自动留存快照，记录网络现状和历史，支持历史按需回放，并可支持不同历史时刻快照对比，直观呈现网络多维变化趋势。

Digital Twin是实现数据中心自动驾驶网络的基础：收集到的网络数据用于支撑上层关键能力模块学习训练；数字网络模型是模拟仿真和校验、分析和决策和依据。例如，故障1~3~5就是基于Digital Twins来构建故障发现、诊断等能力，并通过学习历史网络配置对网络运行影响，给出基于现网的最优网络变更方案等。

意图推荐，系统能够理解业务意图和目标

数据中心自动驾驶网络方案是以意图为中心、全生命周期围绕意图开展。意图决策模块主要包含意图识别能力和最佳网络方案智能推荐能力。

意图识别在初期采用模板方式，由用户根据需要灵活调整参数。为了适应不同用户需求，允许用户自定义或根据已有意图组装新的意图模板，还提供开放可编程能力由用户或上层系统调用。随着新技术引入和应用，意图识别与转换能力会越来越强。NCE-Fabric意图引擎通过不断学习和训练使得用户所需输入和调整参数越来越少，将业务意图转换成网络语言，作为推荐最佳网络方案的入口。

推荐最佳网络方案首先以为数字孪生模型为基础，再根据华为在9200个数据中心成功部署的专家经验库，将专家经验和AI算法推理结合，并经仿真校验模块给出仿真评估结果后，向用户提供符合现网实际情况的最佳网络部署方案。

仿真验证，用数据验证避免人为错误或考虑不周

对数据中心网络而言，客户最关注的业务时刻在线、

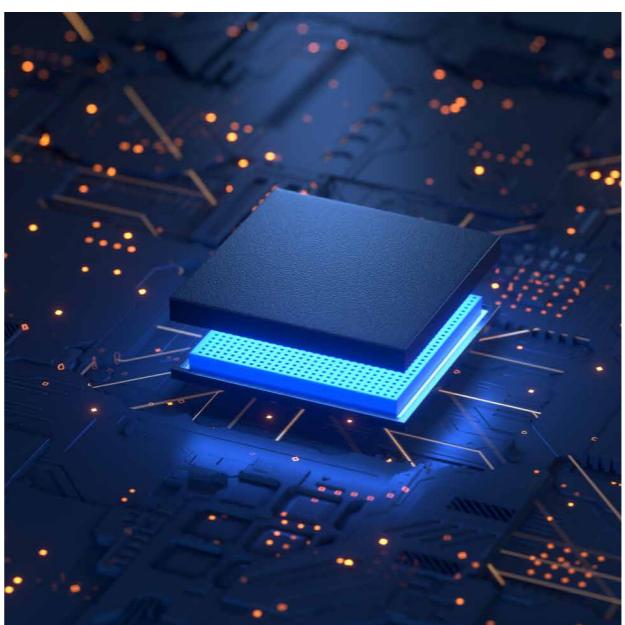
稳定运行、高可靠性，但现状由于业务大量上线和变更，网络经常出错，甚至导致重大事故。仿真验证模块是杜绝数据中网络人为差错的关键一环，在规划设计、业务精准上线和变更、故障闭环修复等各个阶段都起着重要作用：支持对物理网络连通性、路由协议等进行仿真；支持在逻辑网络部署前，对现网资源满足度以及是否影响现网业务等进行仿真等等。

iMaster NCE-Fabric以数字孪生模型为基础，通过优化后形式化验证算法（Formal Verification）对整个网络进行推演计算，暨以数学算法对网络变更进行全量验证，做到验证结果准、资源占用少、运行简单快速，满足不同规模量级的网络仿真场景。

智能决策，突破基于人工经验的决策极限

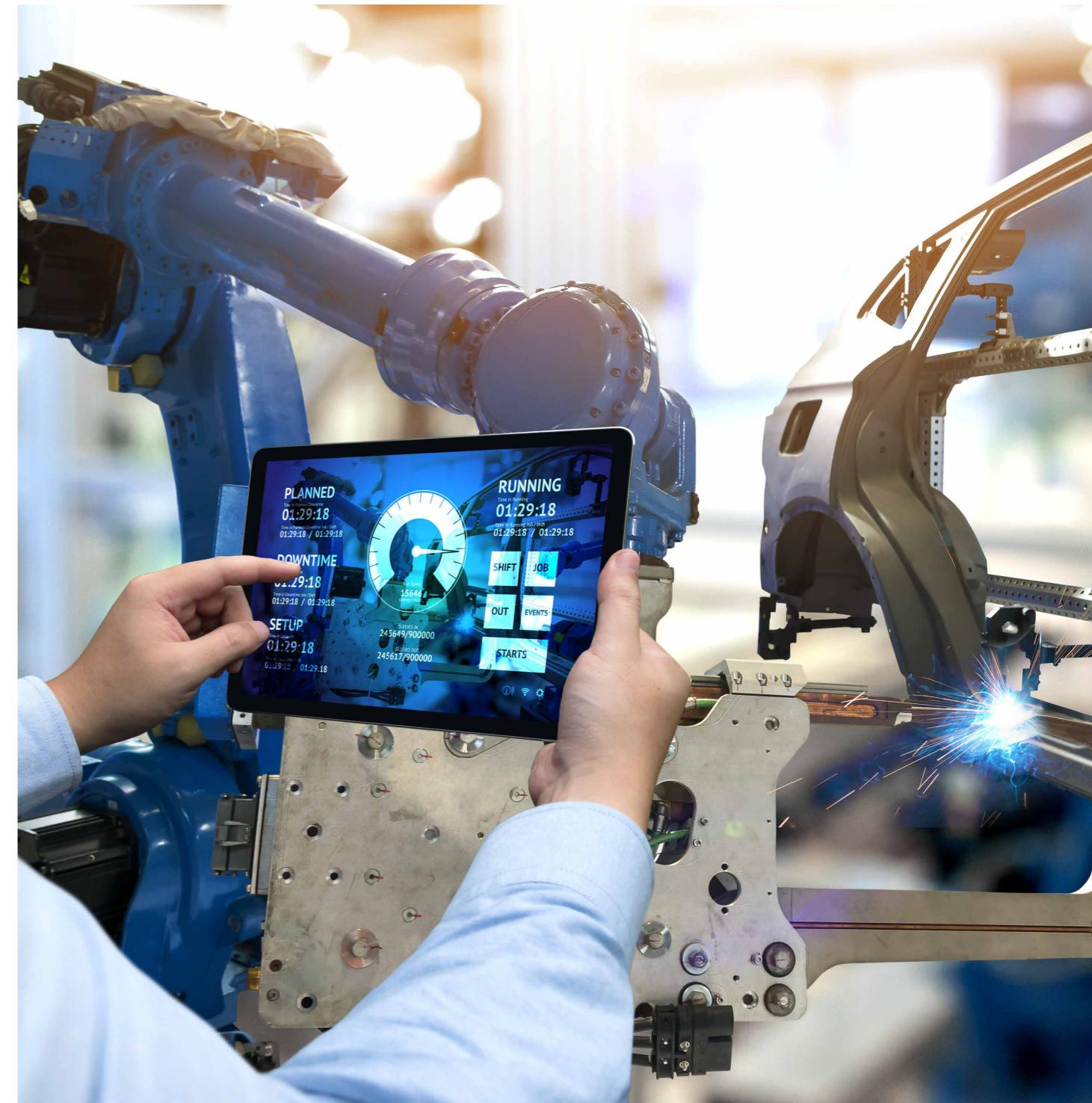
数据中心自动驾驶网络管控系统与原有网管、控制器等的区别在于变被动自执行的工具为提供决策方案的闭环系统，智能决策能力就是智慧大脑。

智能决策最典型的应用场景是对故障根因定位和闭环修复，突破人工经验决策极限，以人工智能来解决故障定位难、故障无法主动预防等问题。系统首先基于AI芯片进行全面采集，实时感知网络异常；再基于知识图谱的故障聚类，来分析故障影响；最后，基于规则和AI模型两方面，结合仿真验证模块，给出故障处理预案，并基于知识图谱的知识推理分析故障处理预案是否能够消除故障影响。



自动化的本质是人驱动系统，自动执行；数字化的本质是系统驱动人，自主决策。华为推出的数据中心自动驾驶网络方案，为企业数字化转型的新时代而生，智能感知商业意图，自主决策执行，加速商业价值变现。当然，数据中心自动驾驶网络无法一蹴而就，我们计划通过3~5年

实现网络高度自治，而这一发展和成熟的历程，离不开产业组织和合作伙伴的紧密协同，更离不开全球客户的创新实践与商业牵引。华为愿与产业和客户密切合作，共同推进数据中心网络走进自动驾驶时代。



INNOVATIVE PRACTICE

创新实践

菲律宾Globe通过跨域网络整合为企业重塑差异化品质专线解决方案

运维转型：从人工到人工智能

华为助力中国民生银行构建新一代数据中心网络

泰国CAT：依托高品质OTN网络，重塑专线市场领先优势

浙江移动5G智简承载网扬帆起航

菲律宾Globe 通过跨域网络整合为企业重塑 差异化品质专线解决方案

文/Constantine A. Serafica



Constantine A. Serafica

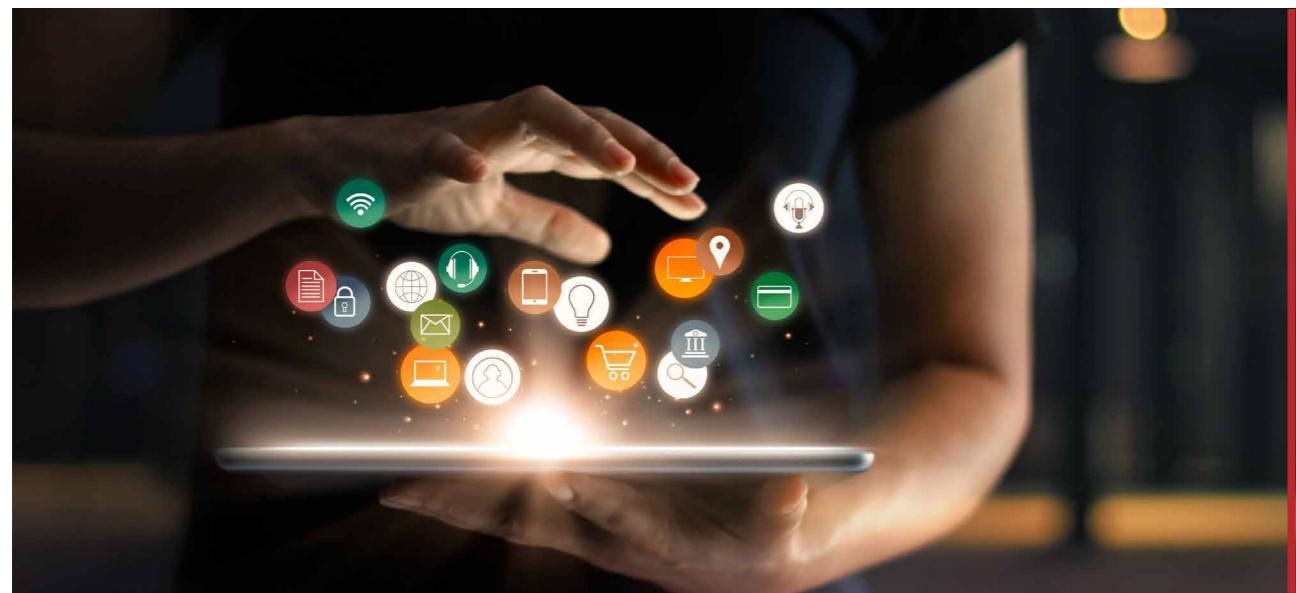
网络传输部总经理

在这个瞬息万变的时代，蕴含业务创新和推广现代技术的巨大机遇。为了持续发展，企业必须走在变革的前沿，提供数字化体验，让更多的人从现代科技中受益。这促使电信业者从传统的“公用”商业模式转向数字化；以应对收入下降、网络安全、数据流量和颠覆性技术增长等述求。这些全球趋势正在迅速改变人们的生活和工作方式，同时给商业、监管和社会带来挑战。

Globe Telecom能够影响人们对公司价值创造能力的评估和感知，并驱动自身快速向以客户为中心的价值转型，持续专注于丰富菲律宾人民在数字时代的生活。秉承创新和超越商业成功的初心，Globe的目标不仅仅是为自身，而是为了更好地服务客户。

同时来自Analysis Mason最新菲律宾专线市场的调查报告指出：菲律宾运营商企业收入将在未来五年期内稳步增长，其中来自政企专线的收入将继续占据市场的主导地位。





菲律宾数字化进程机遇与挑战并存

数字化转型在各行各业中继续发展。预计到2025年，数字化转型对商业和社会的整体经济价值将超过100万亿美元。菲律宾企业专线流量将会持续增长，其增长主要得益于两方面：一方面，菲律宾具有良好的语言优势，全球各大公司都加大了在菲的投资布局，带来IT-BPO业务流量高速增长；另一方面，随着一带一路的深入发展，政治、经济、旅游、信息通信等进一步互联互通，驱动跨境移动漫游结算流量的持续增长。

但随着5G、人工智能等现代技术的兴起，菲律宾的数字化进程依然不尽人意（经济学人智库2018年亚洲数字化转型指数）。缺乏足够的数字基础设施、人力资本和行业联接是该国在2018年《经济学人信息》亚洲数字化转型指数中排名靠后的主要原因。

“数字化企业是建设数字化国家的关键组成部分，我们的目标是利用我们的数据业务和IT服务，帮助企业实现卓越的业绩。通过关注客户业务，我们也将实现持续增长。”

Albert M. de Larrazabal
菲律宾Globe CCO

将商业伙伴和客户带入数字化时代是公司战略的一部分，为推进其数字化进程，Globe不遗余力做好基本功。公司持续投资和建设必要的ICT能力，通过内部流程数字化，加快创新步伐，提供更加卓越的客户体验。与此同时，Globe也大力帮助大大小小的企业，促进他们的蓬勃发展。Globe作为全球主要的电信运营商和企业技术合作伙伴，在帮助本地企业实现全球竞争力和应用现代技术方面具有独特的优势。

Globe立足于给客户提供最佳数字化体验，通过一系列网络现代化和转型项目，为菲律宾企业重新设计新的联接解决方案，利用光传输、IP、SDN和NFV等先进技术，通过相关转型创造价值。Globe将提供更好的客户体验，并提升菲律宾企业数字化的能力。



满足企业广泛的连接需求需要混合网络

纵观整个菲律宾电信业务市场，企业固定语音和窄带收入逐年下滑，预计还将持续下滑。而随着不同规模企业对数据连接的需求增加、更高带宽连接需求的增长以及企业对云服务的接受度的提升，企业专线收入稳步增长。在未来很长一段时间内，专线收入仍将占据市场主导地位。目前市场上专线的价格主要取决于带宽，与采用何种专线技术（IP/MPLS、SDH、OTN）无关。考虑到市场现状和企业需求的快速增长，Globe认为抓住市场的机会很大。

Globe CTO表示，2B市场是Globe后续的重点投资方向，计划重点投入金融（70%的菲律宾成年人没有银行账户）、IT外包以及零售业。

由于企业接口类型演进，以前基于TDM/SDH的传统业务将被逐步淘汰，将会逐步过渡到以太网平台，同时保持WAN侧物理隔离连接，提高业务可用性。因此，需要构建一个混合生态系统，在支持1G以下带宽的同时也支持大带宽如100G的接入。



Globe通过一系列网络转型和现代化项目，提供最佳客户体验

基于最新的技术，以网络转型改造项目为抓手，Globe致力于为专线客户提供最佳的客户体验，改善客户旅程。

通过构建大容量和灵活的网络：

基于企业和5G业务的高容量需求，以光传输为核心的网络现代化项目中，大容量的光传输设备不仅部署在网络的核心和城域部分，而且还计划延伸到接入层。Globe将现有的FBB、MBB和企业三张网络合一，同时将1G以下容量扩展到100G，并将对10G接入环进行环改树，这样每个节点的容量将大幅提升，从而构建成一个混合生态系统。我们采用华为OSN/ATN/RTN系列设备，提供光、IP和微波等功能，增强了Globe网络的容量和弹性。

IP整合和简化：

Globe也致力于IP网络整合和简化，通过优化架构和协议，使得网络扁平化和便于管理，同时也在消费者网络和企业网络之间建立了协同效应。这将为5G和企业业务使用Segment Routing和SDN进行网络编程铺平了道路。Globe通过引入华为的NE40E系列产品整合网络的核心功能，从而获得更快的处理时间。

借助iMaster NCE实现跨多域跨多厂商的全自动化网络：

Globe在光和IP传输层基础上，引入华为下一代运维平台iMaster NCE，完成了SDN部署，实现了业务端到端发放、带宽按需分配、带宽日历、端到端拓扑可视等自动化和高级功能。

- 首先，通过北向开放可编程OpenAPI，屏蔽复杂的网络和协议差异，可以降低集成难度，快速实现OSS对接。

- 其次，通过模型驱动和南向集成框架，快速集成了OTN、IP、GPON和微波等7个域，4个厂家的控制器，为网络混合生态的一体化快速管理打下基础。

- 再次，基于iMaster NCE的业务组合能力，为Globe提供了10+的新企业和无线业务类型，缩短了新业务上线的TTM。并且，具备端到端的跨域跨厂商的业务发放能力，减少人为错误和重复性手动操作，缩短了部署时间，极大的提高了客户体验。

- 最后，我们将引入大数据分析引擎，实现专线SLA直观可视（时延、带宽、抖动等），按租户维度监控专线SLA，违约风险及时预警；故障自动定界，业务状态端到端监控，故障自动定界到省，缩短故障时间，提升业务可用率。

除此之外，挖掘网络潜力，构筑差异化竞争力，通过带宽随需（Bandwidth on Demand）和带宽日历（Bandwidth Calendar）功能，使企业客户自主按需的动态调整其带宽。

Globe传输网络工程运维部总经理Constantine A. Serafica表示：“到目前为止，iMaster NCE已经证明了它在多厂商环境中的工作能力，且能实现多个网络的整体管理和控制，分钟级E2E业务发放，分钟级E2E SLA可视和故障定位”。

华为是Globe数字化转型的合作伙伴

Globe传输网络工程运维部总经理Constantine A. Serafica同时表示，“华为从2008年开始，就一直是Globe在传送和企业网络基础层的合作伙伴。我们双方都从这种伙伴关系中受益，双方都了解该行业需要什么，这种合作为企业开发新产品和服务铺平了道路。从2016年到2019年，Globe的企业业务收入增长了30%。”

Globe持续部署最新技术，建设基础设施和系统。通过保持数字化敏捷性和先进性，Globe能够将这些技术领先优势延伸到其企业客户，并采用创新的联接解决方案，助力企业客户商业成功。



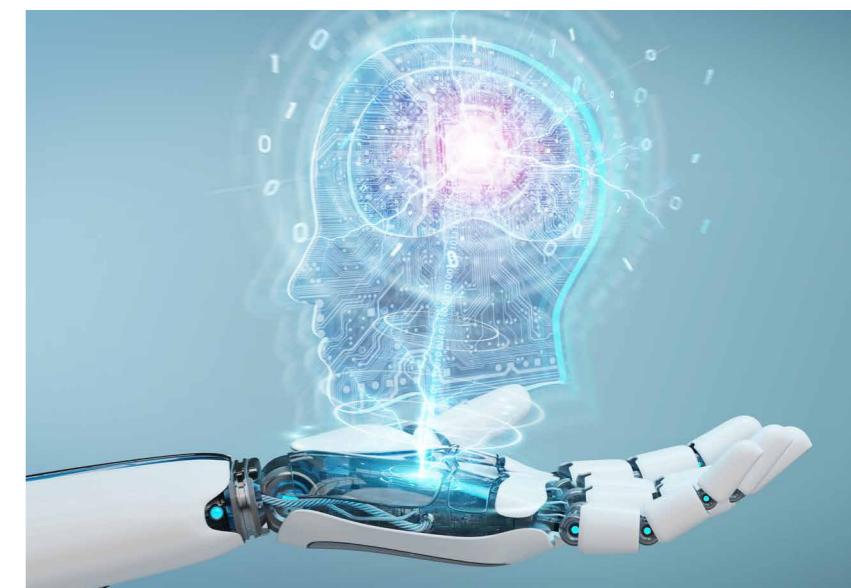
从人工到人工智能 运维转型：

文 / 叶晓斌



叶晓斌
广东联通运维总监

随着5G时代的来临，网络运维所面临的挑战越来越大。从价值目标来讲，从运维省成本，变化到要从运维出效益。网络运维越来越不像运维，而更像流量经营。



传统的运维，是典型的“人+流程”的人工运维模式，它具有半人工、半自动化的特征，同时也在努力地向全自动化的目标演进。

但是，即使演进到全自动化，传统运维还有一个无法回避的问题：新业务需求的上线速度太慢，无法适应新时代的要求。这是因为从端到端的流程来看，传统运维还是一种开发和运维分离的方式：运营商提出需求、设备商开发和发布版本、运营商再验收、使用。

运营商和设备商之间关于需求的沟通与传递、设备商自己的开发周期，这些都使得中间过程太长，运营商从提出需求到使用，少则需要等待半年，多则需要等待一两年。

从传统运维到DevOps

“先改变自己，再服务客户”。网络运维首先要改变的就是传统的思维方式，从开发运维分离，转变成开发运维一体化。这就要求运营商的运维部门具有DevOps能力。DevOps的范围太大，本文先只说说其中的开发（Development）部分。

开发，绝不是培养几个程序员做业务开发那么简单。我们先看一个案例。2019年1月23日，法国一家监管机构对谷歌公司罚款5000万欧元（约合5,680万美元），指责该公司

收集数据用于定向投放广告时在征得用户有效同意方面做得不够。这是欧洲隐私保护新规颁布以来开出的最大一笔罚单，也是监管机构根据2018年在欧盟范围内生效的《通用数据保护条例》（General Data Protection Regulation，GDPR）所采取的最惹人关注的监管行动之一。

这个案例的背后，从软件角度来说，指的是软件开发首先需要一个软件平台。

软件平台主要包括如下内容

- (1) 基础的运行平台，比如消息总线、数据库等等；
- (2) 组件货架，比如图像处理组件、定时器组件等等；
- (3) DFX机制，比如可靠性/可用性、安全、隐私等等；
- (4) 基础的业务能力，比如事务、回退等等；
- (5) 基础的业务服务，比如日志、告警等等；
- (6)

软件平台涉及面比较广，不同的人有不同的理解，不过这不重要，重要的是，如果没有软件平台，所谓网络运维软件的开发，就是一句空话。

图1仅仅是一个示意，不过仍然能从中看到软件平台与业务框架对于运维开发的重要意义。需要基于软件平台来构建整个系统的隐私安全。

除了软件平台，网络运维的开发，还需要一个业务框架。这个领域的一大特点，也是一直以来很难解决的难题，那就是：多厂商。网络通信的基石是各个厂商遵循各种通信标准，而在网络运维领域，则是另外一番景象：几乎没有（可行的）标准、各厂商的管理接口互不兼容。甚至一个厂商内部，不同设备类型、不同版本之间，其管理接口也不兼容。

这就需要一个业务框架，它能提供抽象业务处理、提供插件机制，并且使得“抽象与具体分离”、“业务流程与原子实现分离”。通过抽象业务处理，可以最大化共享、避免重复开发；通过“分离”，可以达到解耦、增量开发的目的。

可以这样说，具有一个合适的软件平台再加上一个合适的业务框架，

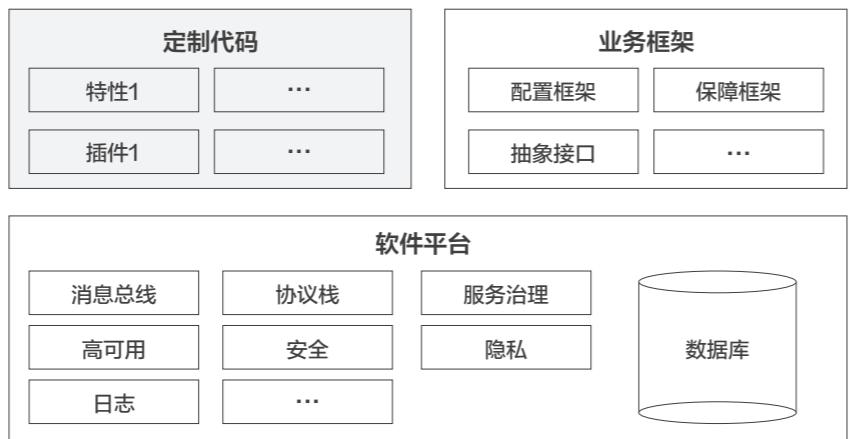


图1 软件平台与业务框架示意

运营商才有可能做到运维的自主研发。图1是一个软件平台和业务框架示意。

图1仅仅是一个示意，不过仍然能从中看到软件平台与业务框架对于运维开发的重要意义。

不过无论意义多么重大，这也仅仅是涉及到单纯的软件开发那部分。软件开发前提是需求分析、业务设计。每个人的技能都有自己的擅长点和薄弱点，运营商的运维人员也不例外，有点人擅长业务设计，有的人擅长软件编码。我们没有必要、也不可能要求运营商每个运维人员都是全能战士，从分析到编码一条龙全都擅长。

所以，运维的开发，也得遵从客观规律，也得有角色划分。我们可以将其划分为两大角色：业务设计、软件开发。

但是，既然有角色划分（而且很大概率由不同的人，承担不同的角色），那么角色之间的交流和沟通，存在巨大的鸿沟，需要非常庞大的时间成本，哪怕这些角色都在运营商内部。



*“Talk is cheap.
Show me the code.”*

这是Linux创始人Linus Torvalds的一句名言。业务设计和软件开发之间，是否也能做到“Show me the code”呢？但是，前文说过，简单粗暴地要求业务设计人员交付代码是不可行的。这是令人绝望的问题，幸好模型驱动技术的出现，能够比较好地解决两者之间交流的鸿沟。

业务设计人员专心致志进行业务模型设计，并将其所设计的模型导入模型驱动框架（Model Driven Development Frame，简称MDD）。MDD对模型进行解析和分析，并且与软件平台和业务框架相结合，同时软件开发人员基于MDD开发相应的插件。如此一来，借助MDD，就能很好地解决角色的分工和角色的沟通鸿沟问题。

按照马斯洛理论，人的需求分为五个层次。综合以上分析，网络运维的开发，也分为五个层次，如图2所示。

图2中还包括“开发调试、构建发布”，由于文章主题的原因，这里就不再述及。运维开发的需求层次清楚以后，剩下的就是按照这些层次进行构建。不过这个构建绝对不是一件

简单的事情。有的网络运维部门的人数不多，而且还处在转型中，这样的构建，几乎是不可能的。似乎，运维转型的第一个坎就难以过去……DevOps将要胎死腹中？

“他山之石，可以攻玉”。华为iMaster NCE的AOC竟然与运营商网络运维转型的诉求不谋而合，它几乎是为运维转型量身定做的使能器，如图3所示。

图3只是AOC一个简单的架构示意，它集成了业界领先的华为网络云化平台，以及多年深耕网络运维所抽象总结出的业务框架，同时采用了网络运维领域公认的YANG作为建模语言。

AOC非常契合网络运维的转型诉求，使得运营商可以专注于业务开发，无缝衔接了网络业务设计和软件开发两个过程。

另外，AOC还有一个巨大的优点，它可以对接华为提供的网络运维产品NCE，这在运维转型阶段尤为重要，如图4所示。

图4中的NCE，对应到运营商，就是传统的运维模式，而基于AOC的自主研发，就是DevOps。在运维转型阶段，运营商不可能完全放弃传统运维模式，这必然有个较长的过程。在这个过程中，传统运维与DevOps配合得越好，那么运维转型的速度就越快。AOC在两者之间有效地架起一座桥梁———桥飞架南北，天堑变通途！

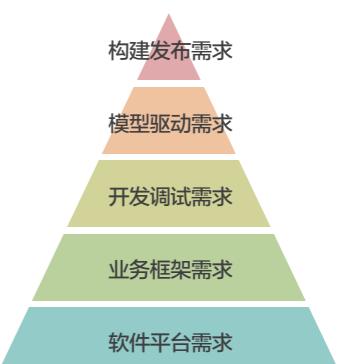


图2 运维开发的需求层次



图3 AOC 架构示意

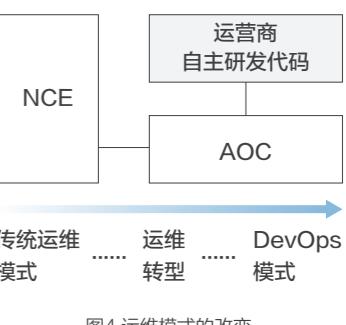
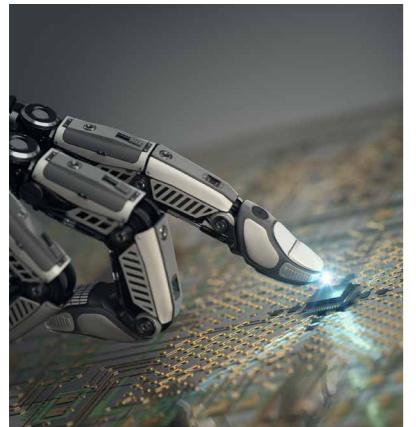


图4 运维模式的改变

从DevOps到AIOps



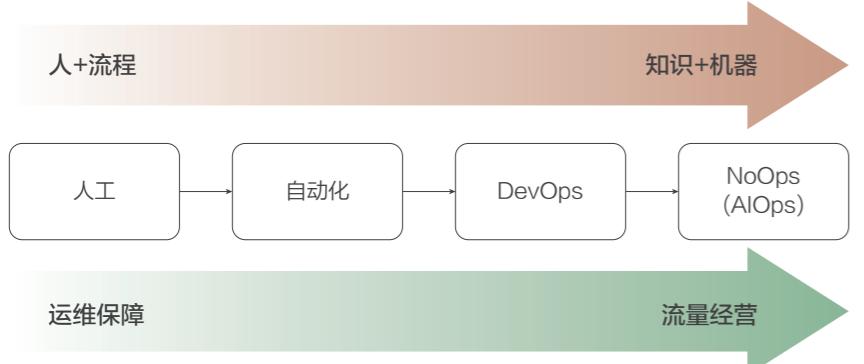
近网络，最贴近用户业务，但是他们对于算法不熟悉。而设备商的开发人员只对算法熟悉，却无法贴近网络、贴近业务。这必然要求设备商对运营商的运维人员进行赋能，使得运维人员能够有效地训练AI、成就AI。

设备商的赋能，不是对运维人员进行AI培训，虽然运维人员必须要掌握必要的AI知识。设备商的赋能，应该是像AOC对于DevOps的赋能一样，提供一个满足各层次需要的强大的使能器，使得运营商的运维人员可以开发自己的AI业务、可以通过模拟网络训练AI、可以在现网中灰度应用AI。

网络智能（自动驾驶、网络自治）目前还是一个无人区，等待着设备商、运营商一起去探索。在这探索的过程中，需要双方充分认知各自的优势和劣势，达到优势互补。同时，运营商也要发扬敢想敢干的拼搏精神，在无人区的探索，发挥尖刀作用。

AI的核心有两点，一个算法，一个是数据。当前的困境就是算法缺少数据来喂熟，而且几乎陷入了死循环：AI不成熟，运营商不敢商用；运营商不敢商用，AI就不会成熟。

打破这一僵局的只能是运营商的运维转型。运营商的运维人员，最贴



时代的列车悄声而来，呼啸而过，网络运维如果不转型，只会被这个时代无情地抛弃，泛不起任何涟漪。传统的“人+流程”的人工运维模式，必然要转向“知识+机器”的人工智能运维模式。

这是一条艰难的路，但是千里之行，始于足下。先改变自己，再服务客户！

华为助力中国民生银行构建新一代数据中心网络

文/民生银行高级技术经理 李高

“未来不均匀地分布在现在中”，数字化已经逐渐深入到社会的每个角落。在客户群体扩展、渠道形态变迁、商业模式变化的数字化时代，如何通过科技创新与引领，使商业银行提升业务服务能力以及加快业务转型。



数据中心IT基础设施的创新与建设面临全新挑战

麦肯锡报告指出，数字化时代用户消费行为和业务形态不断变迁，如果银行不积极应对的话，到2025年，五大零售业务（消费金融、按揭贷款、中小企业贷款、零售支付、财富管理）中10%–40%的收入将面临威胁，20%–60%的利润将消失。

- 网络资源池化，提升资源利用率，避免各自隔离和重复建设，并且能够弹性扩展。

- 网络按需分配，精准布放，应对互联网金融应用快速迭代、快速部署诉求。

- 网络互联的流量灵活调度和精细化管理，满足不同业务实施不同策略的承载需求。

- 网络全面可视，简化运维，保证合规。做到全部网络流量可视可控，避免云环境下的网络流量产生监控盲点。

以SDN技术架构为基础，建设下一代数字化数据中心网络系统

民生银行在数字化转型初期经过充分的调研和测试，确定了以SDN技术架构为基础，建设民生银行下一代数据中心网络系统的思路。通过引入华为iMaster NCE，基于SDN和大数据构筑其数字化运营能力。从基础架构、网络自服务、智能运维等方面进行创新，以分行开发测试云建设为契机，建设SDN网络试点。旨在解决各个分行各自重复建设，无法实现资源利用的最大化、分行开发测试网络无法满足测试业务高频率调整，以及虚拟化环境下的网络流量监控等一系列问题。

重构数据中心网络，网络资源池化管理

随着业务量、信息量以及用户数量的快速膨胀，传统数据中心在空间、效率等问题上日益凸显。因为传统数据中心在部署时“一项目一部署”、“一机一应用”，部署缓慢，密度低，且扩展困难，牵一发而动全身。运行到后期，随着业务和应用的不断增加，系统愈发冗余低效。

华为数据中心解决方案运用SDN Overlay技术，在网络架构上采用大二层设计理念，通过VxLAN组网方式，将物理承载网络与逻辑业务网络分离，以华为NCE对网络进行集中管理和自动化部署。

该方案架构从多维度解决了原有网络的几大问题：

第一，物理网络与业务网络解耦，并支持虚拟机自由迁移。不仅使得业务可在任意位置灵活部署，而且使得虚拟机随时随地接入和迁移，是网络资源池化的最佳解决方案，网络规模因此能够弹性扩展。

第二，网络资源池化，通过NCE按需分配资源、集中管理网络。这使得网络利用率显著提升，且管理方式简单智能。

第三，基于租户的管理，业务有效隔离。根据民生银行实际情况，分行用户共享硬件资源并进行隔离，对不同业务部门或不同网络业务区域进行逻辑隔离，从而进行差异化的管理和安全策略部署等。

云网协同数据中心网络架构，使能业务分钟级发放

网络部署自动化，对于新一代数据中心具有十分重要的意义。传统数据中心需要手工或通过脚本配置网络设备，并需经常对配置进行调整，容易出错且繁琐耗时，效率低下。同时计算、存储、网络的相互割裂也给新业务的快速上线带来了极大挑战。

华为iMaster NCE通过与Openstack云平台对接，

构筑云网协同的数据中心架构，实现计算、存储、网络资源统一池化管理，按需调度，业务快速自动化部署，提升应用部署效率，业务网络发放时间从过去的数小时缩短为分钟级。通过API即可实现把逻辑交换机、逻辑路由器、分布式虚拟防火墙、虚拟负载均衡的服务能力化，为不同的分行及内部租户按需提供逻辑的、安全隔离的网络平面，真正实现业务的全流程自动化发放。10倍于传统部署效率，显著提升民生银行分行业务的上线速度。为其用户提供了更优质的服务的同时，也提升了内部的办公和管理效率。

网络运维可视化，提升网络运维能力

新一代数据中心规模化、自动化、动态化也对网络运维提出了更高要求：传统设备层面无法掌握逻辑网络和业务的灵活变化，VM管理中只展示虚拟化元素；网络管理员使用传统管理方式，无法掌握网络的整体情况和业务运行情况。

华为iMaster NCE能够对Openstack云平台所下发的网络业务进行拓扑还原，基于自身的物理网络拓扑展示物理、逻辑、应用三层网络，并实现三层网络互视，对VM间业务转发路径进行随需检测，使得物理网络与业务的对应关系、网络整体状态、运行质量、全网资源、流量和业务路径直观可视，有效提升管理员对网络运维的掌控，并保证网络合规。



成效

以创新科技，构建新一代自动化、智能化数据中心网络。民生银行在与华为的创新实践中，优先从最基础的数字化网络平台开始尝试数字化转型，成功试验云网协同的新一代数据中心网络架构，有效提升了业务发放效率和部署高可靠性，迈出了数字化转型的第一步。

民生银行将在创新Case方面进行深度和广度的延伸，扩大到AI大数据分析、故障自动闭环等方面，全面启动网络智能化重构。包括目前正在进行当中的广域互联调优Case，借助NCE的全网可视可调能力，有效解决民生银行数据中心间及总分行间的广域网流量应用级的精细化调度管理问题。

本着“与民共生，为民而生”的原则，民生银行致力于提供更高效优质的服务，实现主动运维，故障可预测，让机器做更多的事，智能化管理网络，真正实现数字化转型。

泰国CAT：依托高品质OTN网络，重塑专线市场领先优势

文/戴佩



戴佩

华为传送高级营销专家

泰国CAT在确立了发展高品质专线的战略目标后，决心基于华为端到端OTN + iMaster NCE解决方案，建成一张覆盖泰国全境的扁平化网络，为泰国企业客户的数字化转型提供差异化的高品质服务。

2016年，泰国政府提出了“泰国4.0”战略，为未来20年泰国的经济和社会发展大方向制定了战略目标。泰国政府希望通过数字技术，将传统的农业种植模式转型为智能化作业，将传统的中小企业转变为智能型企业，将传统的服务业转化为高附加值产业，从而打造智慧工业、智慧城市和智慧员工。因此，发展数字经济成为驱动泰国经济转型升级的重要战略，ICT创新成为了推动“泰国4.0”战略的重要引擎。

与此同时，泰国各大企业都在加速数字化转型，并积极拥抱云计算、大数据和人工智能等创新技术，整体业务都在加速向云服务转型。CAT是泰国的国有电信运营商，肩负着为“泰国4.0”打造低成本、高品质基础网络设施的重任，以便为泰国各大企业提供高品质的企业专线联接服务。

确立高品质专线战略，重塑市场格局

近年来，虽然泰国企业的数字化转型需求呈井喷态势，然而泰国CAT的收入却不断减少，尤其是泰国不同运营商的企业专线产品同质化严重，导致其市场份额持续下跌，当前在2B市场的整体份额为16%左右，排名第三位。CAT也在积极探索构建自己的差异化产品优势，并针对泰国专线市场进行了全面分析。泰国企业专线业务主要集中于5大场景：面向DC互联的大容量点对点连接、面向政府/金融等垂直行业的云连接、大中型企业的VPN互联、跨国企业的国际IPLC连接、以及中小企业和家庭的国内宽带业务。

目前，这些专线业务所采用的技术以以太网联接和MPLS VPN为主，而销售模式则主要是按照带宽确定价格，再加上比较简单的SLA来进行销售；专线主要采用的是环形保护，可靠性最高只能达到3个9，并且全网资源也不可视，业务开通需要逐点确认，使得发放周期长（2个月左右）、配置复杂且带宽调整困难；当业务开通之后，专线业务是与其他业务混合在一起进行传输的，因此在高峰并发期还存在着互相影响的问题；此外，由于技术和服务趋同，

所以大量的运营商和ISP都参与其中，各方为了获取客户只能采取价格战，致使专线价格也逐年走低。

伴随泰国各大企业向云服务的转型加速，当前专线产品的体验和服务已难以满足企业需求。CAT敏锐地捕捉到泰国专线市场的动向，并从中发现了重塑其在泰国企业专线市场地位的机会点——发展高品质专线业务，为泰国企业客户提供差异化的高品质服务。



基于现网构建独具特色的OTN高品质专线网络



CAT在确立了发展高品质专线这一战略目标之后，决心打造一张覆盖泰国全境的品质专线网络。CAT在政府、金融、银行和交通等行业具有天然的客户资源优势，通过重新梳理重点客户和网络现状，发现其VIP客户主要集中在曼谷首都圈，可以围绕这一区域来构建高品质专线网络。基于此，CAT确立了其高品质专线网络的整体建设思路——基于现有的100G跨境互联网络，通过增加和改造少量站点，扩大专线网络对企业用户的覆盖面，提升企业的专线业务体验。

首先，在曼谷首都政府区域新部署2个OTN汇聚点，使现有网络的企业覆盖总数提升10倍，对超大企业、大企业和DC的覆盖率达到约70%。

其次，针对现有的10+个ROADM站点和ILA站点进行OTN汇聚站点改造，使整张网络可以新增接入150+个大企业、10+个超大企业和4个DC中心。

第三，整张网络采用统一的控制器进行业务管理和发放，以提高网络资源利用率。基于这一建网规划，泰国CAT与华为开展联合创新，共同打造了泰国首张OTN高品质专线网络。

基于华为的端到端OTN+iMaster NCE解决方案，泰国CAT建成了一张覆盖泰国全境的扁平化网络，全网采用iMaster NCE统一控制器进行端到端管理，帮助政企用户实现了基于OTN硬管道的专线一跳入云。

该品质专线网络具有以下5大关键特征：

- 高安全、广覆盖：OTN硬管道隔离，带宽专享，覆盖泰国全境。
- 高可靠性：业务采用ASON保护，高于99.99%的链路可用率。
- 可保障的超低时延：可承诺的低时延保障，时延实时可视。
- 智慧敏捷：终端CPE即插即用，专线业务天级发放。
- 更优质体验：网络资源可视，业务在线生存性分析。

整张高品质专线网络已于2019年全面建成，并面向泰国全境公/私营大中型企业提供专线服务。

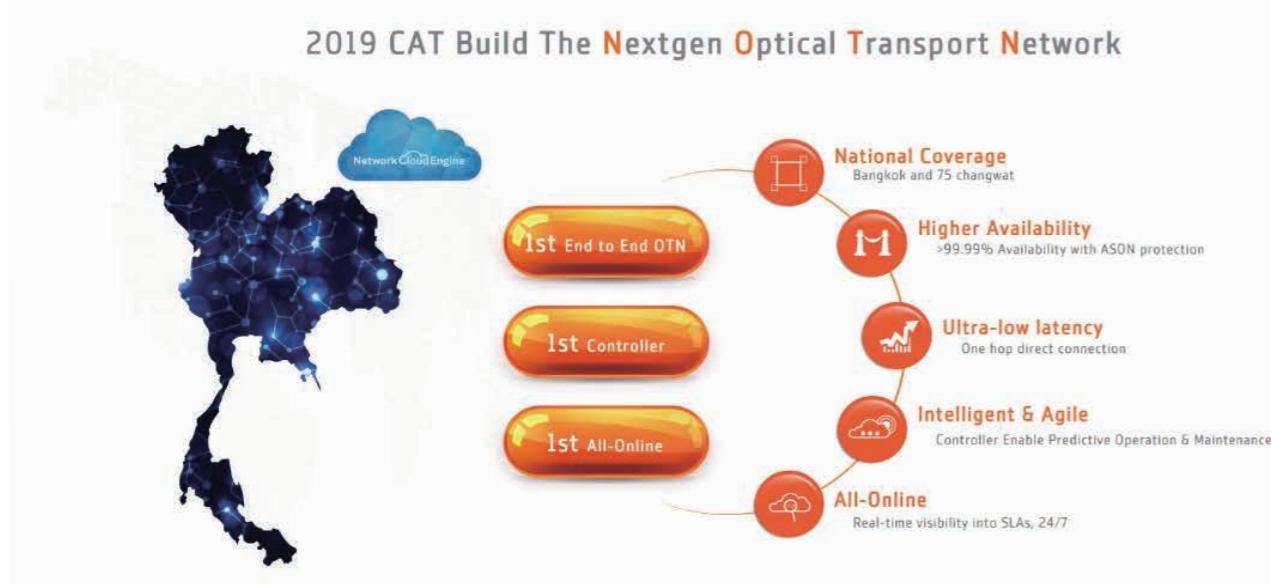


图1 2019年CAT全面建成下一代光传送网



面向泰国企业用户提供VIP级品质专线服务

基于这张OTN高品质专线网络，泰国CAT已经可以为其企业客户提供差异化的品质专线服务。

面向大型互联网企业数据中心(DC)的专线互联场景：

CAT高品质专线产品支持偶发故障极速倒换恢复，网络可用率高达99.99%，可靠性则提升了10倍。

面向金融行业：

CAT高品质专线所特有的毫秒级低时延，能确保交易、结算和行情查询等信息极速互联，并近乎实时传输，让证券和银行等金融企业决胜于交易场。

面向交通运输行业：

CAT高品质专线的硬隔离能力，可为客户打造高可靠和低时延的专线网络，让交通运输行业调度从此游刃有余，更安心、更靠谱。

面向智慧医疗行业：

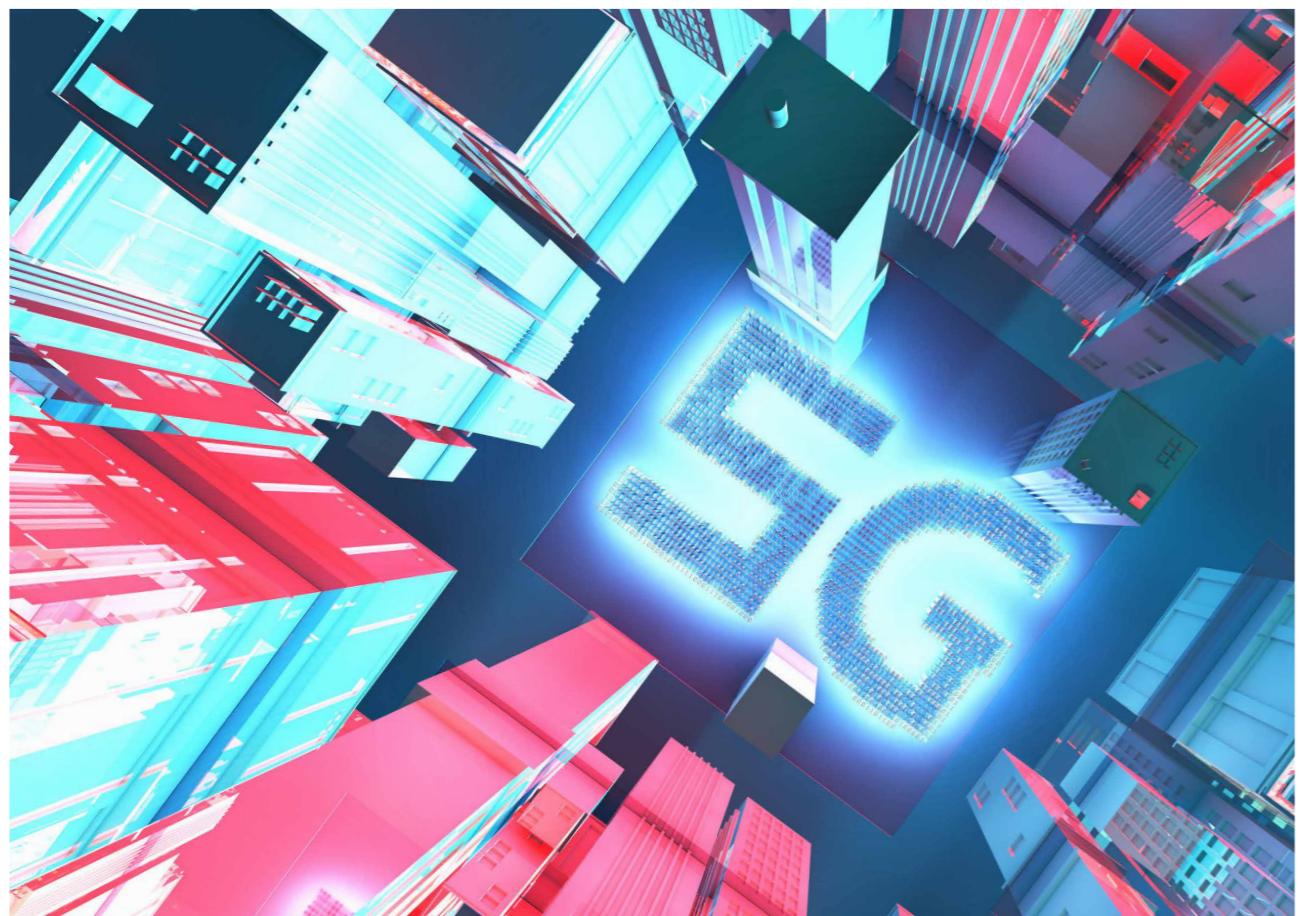
CAT高品质专线业务的高可靠和低时延能力，让外科实习生无需进入手术室便能观摩专家在外科手术中的各种精细操作，同时带宽动态可调，让医疗影像可以高效上传云端，助力病例分析。

2019年12月16日，泰国CAT与华为正式发布泰国首个OTN高品质专线网络，并面向泰国70家企业的150位政企客户进行了定向推荐，涵盖信息通信(ICT)、银行投资、支付安全和物流运输等各个行业领域。在发布会现场，泰国政府数据和云服务中心(政府机构的第三方数据托管中心)已与CAT达成了合作意向。

面向未来，CAT将与华为等全球合作伙伴进一步紧密合作，共同推动OTN技术创新在泰国的应用，打造全球最领先的OTN品质专线网络，加速泰国企业的数字化转型。



图2 CAT与华为正式发布泰国首个OTN高品质专线网络



浙江移动5G智简承载网扬帆起航

文/赵刚



赵刚

iMaster NCE解决方案营销专家

从4G时代开始，中国移动通信集团浙江有限公司（下文简称“浙江移动”）在移动承载网领域就一直走在全国前列。面对5G业务发展对承载网的挑战，浙江移动早在2016年就联合华为成立了5G承载创新项目组，持续投入5G承载网的探索和研究，并取得了显著的成果，在2018年建成了国内最大规模的5G试验承载网。

同时，为了进一步提升5G承载网的自动化和智能化能力，浙江移动与华为进一步深化合作，启动了NetCity联合创新项目，开展智简网络（Intent-Driven Network, IDN）创新，并以DevOps的模式实现创新方案的快速导入，以推动5G承载网的敏捷部署和自动化运维，使能5G时代的业务创新。



探索5G承载智能化，选择华为NetCity联合创新

当前，全世界都在加快迈向数字化、智能化。IDC预测，到2021年，全球至少50%的GDP将以数字化的方式实现，中国数字经济的比重将达到55%；数字化产品、运营与合作关系将推动各行各业的增长。来自Gartner的调查报告显示，83%的受访企业将会在2019年完成数字化转型。可以看到，全球行业数字化转型已经进入快车道，作为转型支撑要素和基石的运营商网络智能化已经势在必行，5G网络更是首当其冲。

5G业务相比4G更加丰富，各垂直行业需求更加多样化，对于网络部署、调整和运维也提出了更高要求。传统“以设备为中心”的网络架构，依赖人工操作的4G网络运维方式在5G时期将难以为继，亟需引入自动化、智能化的运维手段，来提升网络部署和运维效率。浙江移动与华为在2018年三季度正式启动了NetCity联合创新，持续深入研究探索5G承载智能化方案，构筑浙江移动5G承载网持续领先优势。

NetCity是华为与全球运营商共同发起的未来城市建设项目，以华为在MWC2018上发布的智慧、极简、超宽、安全、开放的意图驱动的智简网络为基础，构建宽带化、云化、智能化的网络基础设施，使能全人类迈向万物互联的智能社会，其主旨与浙江移动5G承载智能化的战略发展诉求高度匹配。

智简网络的核心是网络云化引擎（Network Cloud Engine, NCE），它具备意图、自动化、分析和智能四大引擎。意图引擎将商业意图翻译成网络语言，模拟网络设计和规划。自动化引擎是将网络设计和规划变成具体的网络命令，通过标准的接口让网络设备自动化执行。分析引擎主要是通过实时遥测等技术，采集分析用户的网络数据，比如承载网的时延、抖动、丢包率等等。智能引擎在分析引擎的基础上，通过人工智能等算法和不断升级经验库，给出风险预测和处理建议。以这四大引擎为基础，智简网络构建数据驱动的数字孪生网络，面向网络运营维护的全生命周期，提供意图驱动的自动配置、数据驱动的实时态势感知和全局洞察，以客户和业务体验为中心的预测性主动运营，成为浙江移动探索5G承载智能化的首选方案。



智简承载初现，夯实5G大规模商用基础

目前，为了进一步提升浙江移动5G承载网建设过程中的网络部署效率，比如缩短基站开通周期、加快网络故障定位、加强网络可靠性等，浙江移动与华为成立专项工作组，共同探索解决之道，并已取得阶段性成果。

为了缩短5G基站部署开通周期，项目组经过深入分析，发现主要原因在于跨部门分散管理，全流程工单驱动人工操作，配置步骤多，人员技能要求高，易出错。项目组规划引入智能化平台，实现从资源规划、网络设计、新上线网元基础配置下发、业务配置发放、业务验证的线上全流程自动化管理，硬装完成自动触发业务配置下发，降低人员技能要求，提升基站部署效率，有效缩短基站开通周期。

网络故障定位困难的关键在于设备信息独立呈现，缺乏基站的详细路径，承载网感知基站业务劣化的手段还不够完善，被动响应周边部门投诉。且因问题难以精确定界，经常需要多团队协同定位，影响定位效率，承载网难以自证清白。项目组加强技术创新，通过业务层随流性能监控机制，实现基站业务端到端路径/质量可视，出现故障可秒级感知，分钟级快速定界定位，在客户投诉前解决问题。同时，对时延、抖动、丢包率等网络KPI指标预设门限值，超出门限就主动上报告警，实现故障主动预防，避免被动响应工单。

针对1588时钟规划部署周期长，需要下站点测量光纤是否对称的难题，项目组分析设计了智能时钟解决方案，能够一键式完成时钟的路径规划和配置下发，并和基站协同完成光纤不对称的自动补偿，零下站开通，极大提高1588时钟部署的效率。同时通过网络时钟健康度监控、性能历史回放和故障自动溯源等功能，可实现90%故障运维分钟级自动定位，时钟运维更加简单。

另外，针对影响网络可靠性的因素分析，项目组发现主要是因为业务难以准确感知多点故障，无法快速准确地切换至可用路径而中断。根据分析的结论，项目组设计了更优的网络保护机制，多点故障快速感知，以确保业务永久1:1保护，故障后可快速恢复，确保业务永远在线。与此同时，对于设备告警数量大难以分析、新增业务对网络影响难以评估等课题，项目组也在持续分析研究中。

通过NetCity联合创新，浙江移动5G承载网部署运维效率显著提升。随着整个5G承载网智能化水平的不断提高，运维效率还将持续优化，从而全面支撑浙江移动的5G业务创新和商业成功。

