



智简网络（IDN） 白皮书

目录

01 电信网络面临的结构性问题，迫切需要架构性的创新来应对

04

- 1.1 爆炸式的流量增长，要求网络每比特成本做到最优
- 1.2 日益增加的电信网络复杂度，导致运维效率低下和OPEX逐年递增
- 1.3 被动管理的客户体验，在体验为王的时代亟待提升

02 他山之石：通过借鉴各行业的先进经验，思考应对上述结构性问题的关键

06

- 2.1 OTT行业：模块化的极简网络，高度自动化，以用户体验为中心的闭环运营
- 2.2 制造行业：Digital Twin构建，数据驱动，AI使能
- 2.3 汽车行业：标准定义，产业协同

03 解决之道：在物理网络之上构建一个数字世界，实现以用户体验为中心的网络数字化转型

07

04 华为IDN：以用户商业逻辑和业务意图为驱动，最大化商业价值

09

- 4.1 NCE打造IDN智慧大脑
- 4.2 IDN基础设施：遵循网络摩尔定律，超宽极简无阻塞

05 IDN在各商业场景的具体化体现

14

- 5.1 5G承载
- 5.2 企业园区
- 5.3 数据中心

06 IDN通过NetCity创新合作模式与运营商共同实现落地

25



引言

电信网络历经 30 多年的发展，为人类未来进入智能社会打下了坚实的网络连接基础。据华为 GIV（Global Industry Vision）预计，到 2025 年，全球联接数将达千亿，互联网将覆盖 77% 的人口，宽带将作为基础设施普及 75% 的家庭，移动通信将覆盖 80% 的人口。企业数字化进程不断加速，据 Gartner 分析报告，到 2019 年底，将有 83% 的企业启动或完成数字化进程。

与此同时，全球运营商都纷纷意识到最终用户对业务体验的追求在不断提升，希望业务极速开通，网络故障及时排除，服务质量端到端保障，进而对网络的智能化提出明确要求。当前以设备为中心的网络运维模式已难以有效支撑，只有构建一张真正以用户体验为中心的网络才能有效满足最终用户的体验诉求，并支撑运营商的商业成功。得益于云计算、大数据、人工智能技术的成熟，华为推出了意图驱动的智能网络（Intent-Driven Network，以下简称 IDN）解决方案，以用户的商业逻辑和业务策略意图为驱动，在物理网络和商业意图之间构建一个数字孪生世界，基于智慧、极简、超宽、安全、开放的理念，构建以用户体验为中心的网络，使能商业价值最大化。



01

电信网络面临的结构性问题， 迫切需要架构性的创新来应对



进入智能时代，特别是 5G 和云的兴起，给电信网络带来结构性挑战。首先，5G 作为基础设施不仅仅使能传统的 2C 业务，还将面向 2B 和 2H 提供专线类和家宽业务，因此给网络带来百倍连接增长和确定性低时延需求；同时 5G 真正引入控制面和用户面的分离，而用户面的下沉将带来多级 DC 组网需求；5G 在 3.5Ghz+ mmWave 新频谱下将带来 10 倍带宽增长；而 5G 网络规模与业务复杂度的指数级增长，将使网络运维更加复杂。此外，不止 5G，4K/8K/VR 视频业务驱动的 CDN 下沉与 CO 云化融合，同时企业应用和业务也在上云，都需要构建以 DC 为中心的极简网络。这些结构性问题都亟待架构性的创新来应对。

1.1 爆炸式的流量增长，要求网络每比特成本做到最优

4K/8K、超高清视频、VR 等新兴业务的快速普及，使得整个通信网络的数据流量每五年增长 10 倍。进入 5G 时代，万物互联更将带来 6.7 倍的流量增长。预计到 2022 年，全球将有 60+ 亿台智能电话，人均月流量将超过 12GB。面对爆炸式的流量增长，如何将每比特网络建设成本维持到一个合理的水平，是每个运营商都要面对的首个课题。

1.2 日益增加的电信网络复杂度，导致运维效率低下和OPEX逐年递增

当前运营商网络很大程度上还依赖于人的经验和技能。某运营商运维 10000 台设备规模的网络需要 384 个人，而 OTT 运维 1000000 台服务器仅仅需要 249 个人。当然，OTT 的高效与他们自带先进的网络设计基因有关，而反观电信网络在沉重的历史包袱下正在变得越来越复杂，特别是 5G 和云时代的到来，网络规模 10 倍增长，业务和流量也呈现出很大的不确定性，已经超出了人的专业知识和能力所及，导致 70% 的重大网络故障都是人为因素造成。面向未来，大量实时性业务更是人的响应速度所无法企及的，必需依赖机器来完成。正如加拿大某运营商首席无线架构师所说：“机械制造都走向自动化了，电信业还处于手工业的阶段”。

上述问题最终都导致 OPEX 逐年递增。据统计，2005 年到 2016 年间电信行业的收入增长没有跑赢 OPEX 的增长，而 CAPEX 在过去 10 年则从 17% 下降到 12%。考虑到 OPEX 在运营商收入的占比超过 70%，不对 OPEX 进行结构性优化，TCO 可优化的空间非常有限。

1.3 被动管理的客户体验，在体验为王的时代亟待提升

电信业务体验不可视，运营流程没有基于用户体验的全生命周期管理，导致当前的用户体验管理都是基于投诉驱动的。另外专线 SLA 不可视、难以管理；某金融客户标书中对运营商专线的要求是：中断一次 2 分钟减月租费 25%；中断累计 8 分钟减月租费 100%。英国某运营商因专线 SLA 未满足此前对企业客户的承诺，每年被罚款 5000 万英镑。

需要强调的是，要解决上述电信网络所面临的结构性问题，仅仅靠产品创新是远远不够的，需要整个系统架构的创新和商业模式的创新，才能解决结构性问题，提升运营商的竞争力。



02

他山之石：通过借鉴各行业的先进经验，思考应对上述结构性问题的关键

2.1 OTT行业：模块化的极简网络，高度自动化，以用户体验为中心的闭环运营

敏捷和体验好一直是 OTT 的竞争力所在。追其根源，就是 OTT 建网没有历史包袱，一开始就采用全 IP 网络、集中式运维，注重模块化、标准化和自动化。因此即使 OTT 业务和网络快速扩张，其运维人员总数变化不大，效率极高。而基于这样的网络根基，自然能够快速响应用户需求，提供高体验质量的服务和产品。

2.2 制造行业：Digital Twin构建，数据驱动，AI使能

工业 4.0 有三个特征，即敏捷的设备、智能的控制和智慧的分析系统，来实现生产的自动化，这对于电信业来说同样适用。此外，制造行业最先提出了 Digital Twin 理念，采用数据驱动和 AI 实现全生命周期的智能制造。

2.3 汽车行业：标准定义，产业协同

通过行业协同，共同定义五级自动驾驶的工业标准，通过产业界最有影响力的组织从政策、法规、道路、车辆、运营运维等多个维度进行产业级别的高阶规划和系统设计，让自动驾驶开始进入加速发展的阶段，例如国际汽车工程师学会 SAE 于 2014 年发布了自动驾驶的六级分类体系，美国国家公路交通管理局 (NHTSA) 2016 年开始 Follow SAE 的分类标准。

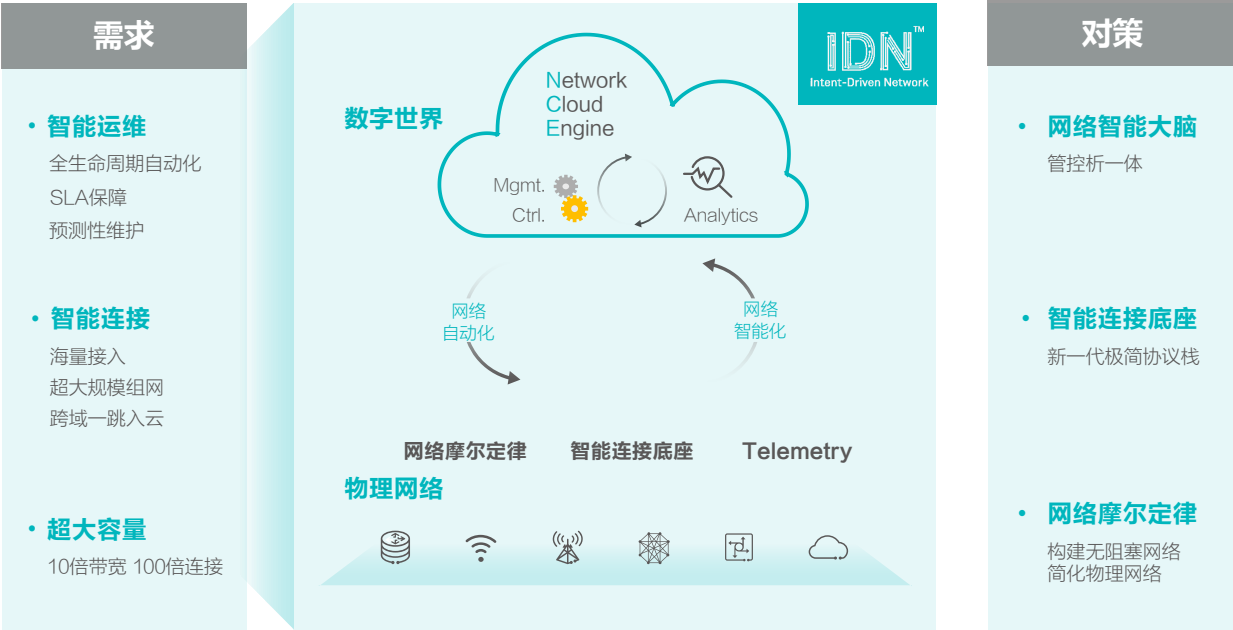
“

综上所述，极简架构、闭环自动化、数据驱动、AI 使能和产业协同是各行业对电信网络的关键启示。基于此，华为提出了电信网络走向自动驾驶的愿景和目标。与汽车产业的自动驾驶不同，电信产业有其自身的复杂性：一张电信网络同时承载移动、家宽和企业等多种业务，自动驾驶系统需要准确理解不同业务的差异化意图；从自动驾驶的运行环境和路况角度来看，既有数据中心的“高速公路”，又有提供宽带接入的“城乡公路”，需要自动驾驶系统能适应跨多技术领域的复杂环境。从全生命周期运营的角度，规划、运维、业务发放等不同角色面临的挑战也各不相同。因此，面向自动驾驶网络的演进需要分场景逐步推进，并遵从三大原则：从网络 OPEX 的主要矛盾切入；从单领域到跨领域逐步形成闭环系统；以业务体验为中心自顶向下构建统一的数据模型和共享能力。

”

03

解决之道：在物理网络之上构建一个数字世界，实现以用户体验为中心的网络数字化转型



电信网络的结构化问题已经成为制约电信产业发展的最大瓶颈，只有在物理网络之上构建一个数字世界，以用户的商业逻辑和业务意图为驱动，构建以用户体验为中心的新一代网络架构，才能系统化地解决这一问题。

互联网企业的网络架构创新模式对于电信网络有极大的借鉴意义。而互联网企业的核心竞争力主要体现在以用户体验为中心的运营、高度自动化的运维、极简网络架构以及永远采用最新的技术四个维度，这些优势使得互联网企业能够有效保障最终用户的体验。

对于电信行业而言，数字世界的构建是提升用户体验的关键。华为意图驱动的智能网络解决方案正是通过在物理网络与商业意图之间构建一个数字世界，来帮助运营商改变过去离散型的网络架构模式，实现以用户体验为中心的网络架构转型。

数字世界通过给物理网络构筑一个集管理、控制和分析一体的智能大脑，来实现全生命周期自动化和基于 AI 的智能运维，打造面向意图的闭环自动化系统，使电信网络准确识别用户的商业意图并闭环。以数据为驱动，构建数字孪生，通过引入 AI 技术，实现从被动运维到主动运维，对网络进行预测性分析，提前识别网络故障，基于商业意图主动优化闭环。

物理网络则需要通过持续性的创新，为数字世界奠定基石。物理网络的创新将重点聚焦于网络摩尔定律和极简架构两个维度。以网络摩尔定律驱动 IP 网络的带宽能力持续提升，推动网络的持续创新。以 Fabric 网络架构，实现网络业务与承载网的分离，结构性降低每 bit 成本。

当前，运营商需求已经从通讯转换为信息化，从连接 / 流量经营走向数据经营，网络开放也是大势所趋。为了帮助运营商构建更加灵活开放的网络，我们还将聚焦提供网络能力开放，通过对网络能力的抽象化和集中资源调度，允许应用开发者方便地调用和灵活拼装各种网络能力，实现业务和应用的持续快速创新。

与此同时，为了应对日益严峻的网络安全与隐私保护形势，华为设计了一套完善的网络安全方法，即一方面基于“可信”的原则，为客户提供更安全、更可靠的产品 / 解决方案 另一方面，基于“网络环境是不安全的，网络攻击是常态化的”这一假设，帮助客户实现威胁的快速识别和响应，保障业务连续性和个人数据安全。



04

华为IDN：以用户商业逻辑和业务意图为驱动，最大化商业价值

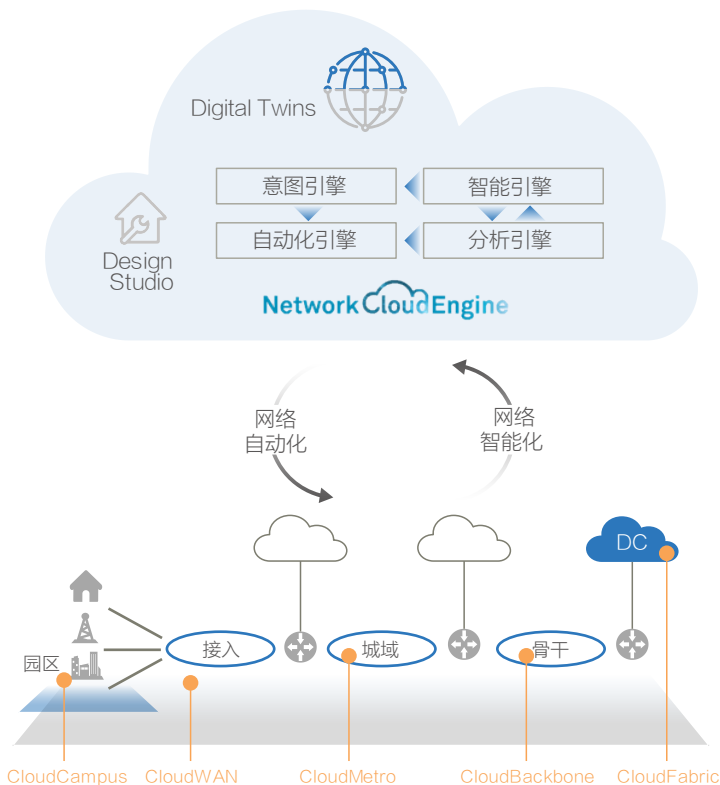
意图驱动的智能网络（IDN）旨在构筑一个全生命周期自动化、智能运维、面向商业逻辑和意图闭环的新一代网络，实现网络自身的数字化转型，最终走向自动驾驶网络。IDN 通过在商业意图和基础物理网络之间构建智慧桥梁，实现商业意图的快速部署，降低 TTM，提升用户体验，提高网络敏捷性，并有效降低居高不下的 OPEX，最大化运营商的商业价值。

IDN 主要包括由 NCE 构筑的智慧大脑层，和网络摩尔定律驱动的超宽极简基础设施层：

智慧大脑实现对网络的智能管控，它对接运营商商业意图，并实现精准的理解和翻译，将翻译结果自动化的实施到具体的物理设备并确保网络满足业务意图；它实时感知物理网络的健康情况，发现异常并及时发出预警，提供异常处理意见，可以基于经验库进行网络异常的快速排障或优化，还可以实现业务的 SLA 实时可视，并基于 AI 技术使能预测性维护；通过持续建模、行为学习和训练，可以在器件即将失效前准确预测并预警，器件就可以被高效更换，也可以提前识别容易发生的短暂拥塞点，提前将重要业务迁移或者改进调度策略。

超宽极简基础设施是 IDN 网络的基石。它遵循网络摩尔定律：通过关键通信技术的持续创新和突破，实现每 24 个月节点容量翻番，以满足 4K/VR 等超高清视频、5G、云计算等新业务带来的大带宽需求。网络架构持续被重构和优化，通过模块化和标准化实现极简 Fabric 架构，使能网络的弹性伸缩、即插即用能力，同时为未来的 5G 业务和工业特殊应用提供确定性低时延。与此同时，通过 E2E SRv6 + EVPN 统一承载协议，简化网络协议，降低网络复杂度，解耦业务和网络连接，实现业务的快速发放，同时提升网络的可编程能力，以服务不同的业务需求。





NCE 作为网络智慧大脑

现网和新建网络统一全生命周期自动化
实时感知业务 SLA，实现主动运维
AI 使能预测性维护

极简架构，极简协议

极简fabric网络架构实现业网分离
E2E SRv6+EVPN统一协议

网络摩尔定律，2倍容量/24个月

6.4Tbps NP芯片
10GE 到站，50GE PAM4接入环，
400GE骨干网 & DCN
最优能耗: 0.3W/G, 30% ↓

4.1 NCE打造IDN智慧大脑

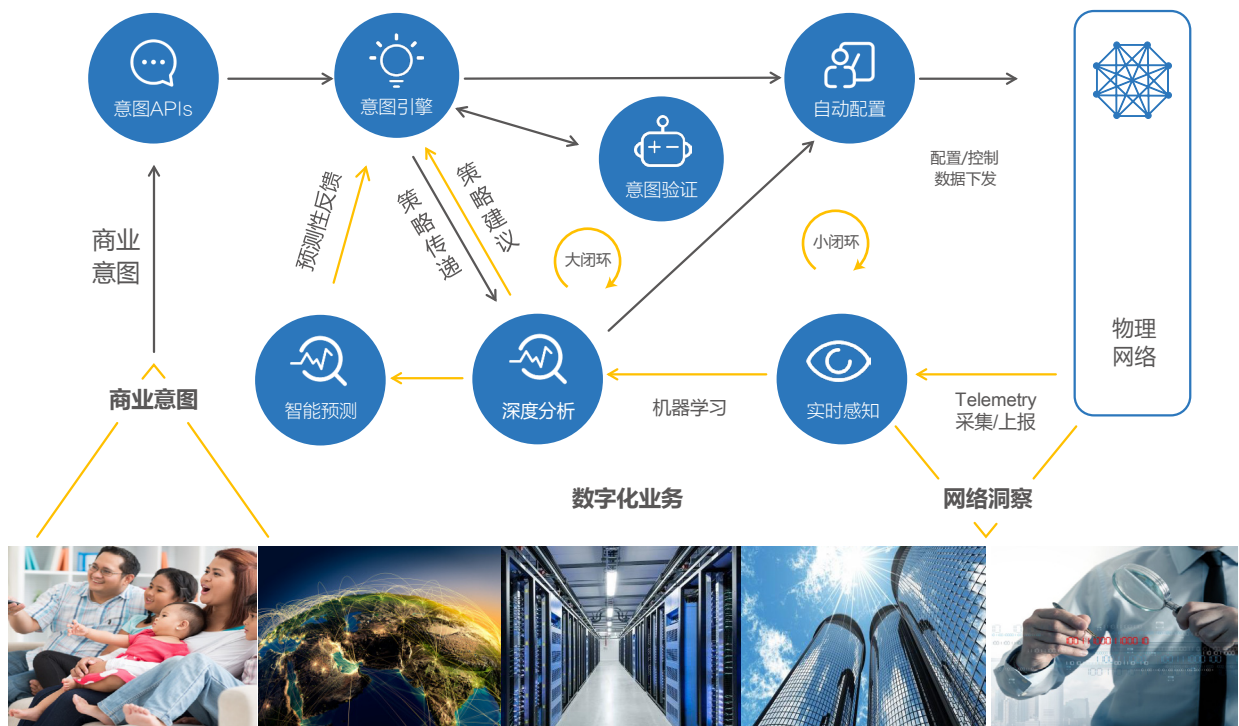
华为 IDN 网络架构通过 NCE（Network Cloud Engine）给网络赋予智慧的能力。NCE 是 IDN 网络的中央神经系统，扮演着智慧大脑的角色。通过构建统一的网络大脑，NCE 向下实现全局网络的集中管理、控制和分析，向上提供开放网络 API 与 IT 快速集成，NCE 使能运营商构建以用户体验为中心的自动化和智能化网络。

NCE 借鉴在传统工业中已被成功验证的 Digital Twin 技术，利用历史数据和实时运行数据创建一个精准的数字仿真模型，数字化呈现网络基础设施的运行状态和健康情况，包括物理网络设备、逻辑网络设备、端口、连接等，并通过 AI、大数据和云等技术，针对网络运维管理的全生命周期中采集的各类精准测量数据以及服务行为进行分析，实现持续性的预测性维护。NCE 将传统的 NMS、SDN 控制器以及分析器系统融合到统一的 IDN 架构中，使能网络数据在这些系统间的同步和共享，这简化并提升了不同系统间的协作，最大化业务敏捷性以及网络的可编程能力。



NCE拥有四个主要的功能模块，即意图引擎、自动化引擎、分析引擎以及智能引擎：

- 意图引擎：负责接收并理解商业意图，并将商业意图翻译成网络策略，并模拟、验证网络的设计和规划；
- 自动化引擎：将网络设计和规划变成具体的网络命令，通过标准的接口（如 Netconf）让网络设备自动化执行网络命令；
- 分析引擎：基于实时遥测等技术（Telemetry 等），采集、分析用户的网络数据，比如 WiFi 上下行速率、延迟、丢包率等，但不涉及用户隐私数据；
- 智能引擎：在分析引擎的基础上，通过人工智能算法和不断升级的经验库，给出风险预测和处理建议，或者直接将优化建议提供给意图引擎，实现网络异常的自动化智能优化。



举例来说，某公司总部（位于北京）和新成立的广州分公司需要开通一条时延 15ms 100M 专线，以满足日常的视频会议等办公需求，电信服务商接收到该需求之后，就会找到匹配需求的可用资源，并分解成网络参数并自动下发配置，并实时监控 SLA 状态；基于流量分析和历史经验预测拥塞并主动优化路由，确保业务不受影响；并可基于业务使用情况推荐更合适的套餐。



NCE 四大引擎和底层的物理网络形成一个大的网络闭环，分析算法不断学习网络服务的行为，从而演进为一个自适用、自优化最终达到自愈的全自治网络。

NCE提供网络可编程能力和开放性

NCE 通过 IDE(集成开发环境) 在网络模型（NBI&SBI）、业务模型、分析模型（数据分析管道）和闭环模型中提供定制化的可编程自动化能力。通过将设计期的开发活动和运行期的运营活动结合起来以支持 DevOps 开发模式，实现新业务快速发布。NCE 提供的 Design Studio 工具使用了强大的基于规则的经验可编程工程方法，支持设计期的编程。NCE 还提供了开放的南向 API 接口，实现与异厂家控制器的互通。开放可编程使得 NCE 能够满足运营商和企业的业务需求，帮助构建开放的生态系统，实现商业成功。

4.2 IDN基础设施：遵循网络摩尔定律，超宽极简无阻塞

随着 4K、VR 等超高清视频业务以及云计算的快速发展，网络流量不断增长。研究发现，每 24 个月，IP 承载网容量就需要翻一番，这就是网络的摩尔定律。华为通过持续的研发压强投入，实现关键通信技术的持续创新和突破，如 Solar 系列 NP 芯片、50GE/400GE 光模块、基于全正交架构的高速互联，业界最强散热最低功耗等关键技术，践行网络摩尔定律。

基于 E2E SRv6 构筑无阻塞的 fabric 网络，业务灵活扩展，协议简化，路径一跳直达。SRv6 将 10+ 种 MPLS 协议简化为 1 种，配置效率可提升 60%。SRv6 还支持基于应用的网络路径编程，实现更加灵活的路径规划和最优的流量工程，保障确定性时延。通过使能业务和网络解耦，支撑网元按需扩容，现网业务零影响。



05

IDN在各商业场景的具体化体现

5.1 5G承载

趋势

5G 时代，eMBB / URLLC / mMTC 三种新的典型应用场景给网络带来了新的挑战。首先作为移动通信最基本的方式，更高的带宽是 5G 应用最基本的诉求，如高清视频直播、Cloud XR、随时随地云存取及人工智能等，所以需要 3.5GHz 与毫米波新频谱满足高带宽的诉求，随之而来的将是十倍的带宽增长。而面向环境监测、智能抄表、智能农业等以传感和数据采集为目标的 mMTC 场景，具有小数据包、海量连接的特点，要求支持百万 / 平方公里连接数密度，带来的将是百倍连接数量的增加，URLLC 面向的车联网、工业控制及垂直行业的特殊应用需求，需要为用户提供毫秒级的端到端确定性时延。同时，随着 5G 基站密度增大，需要运维的网络规模变大，不同业务类型对网络的诉求将千差万别，海量业务不同 SLA 的保障将是未来用户的基本诉求，这会导致运维复杂度将呈几何指数上升，引入自动化与智能化的运维能力势在必行。

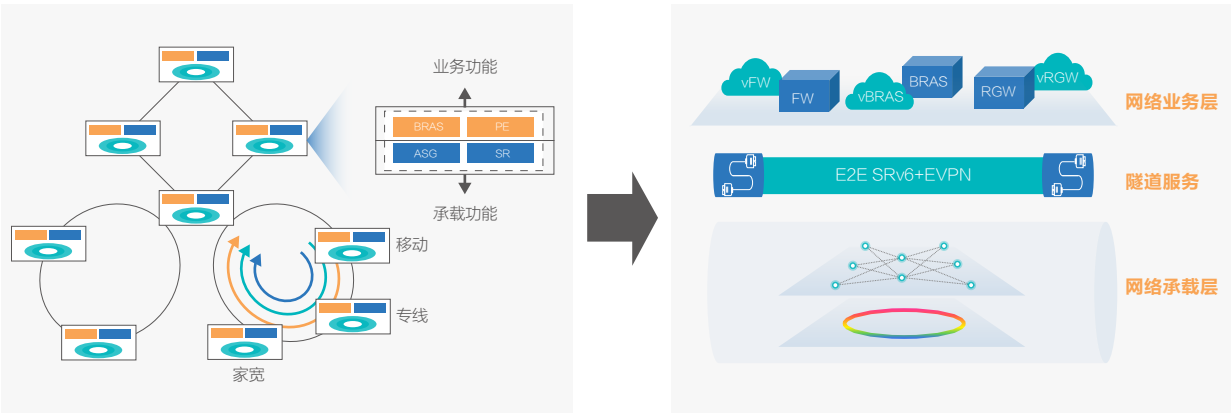
与此同时，一张网承载所有的业务将会是未来承载网络演进的必然趋势。除了承载传统的 2C 业务，5G 承载网络还将承载 2B(智能制造等)，2H(Cloud Gaming 等) 多类型业务，具备一张网同时满足不同类型业务诉求的能力；5G 业务、2B 业务、2H 业务均会迁移到云上，因此业务流向趋同，未来的网络一定是一张以 DC 为中心的承载网；同时，随着 5G 基站的大量部署，5G 基站接入点将逐步下移，最终形成 2B/2C/2H 全业务综合接入点；综上，运营商独立建网模式将带来投资的极大浪费，未来一张网将会承载所有类型业务。

挑战和需求

如何满足大带宽、确定性低时延、自动化和智能化的诉求，如何通过一张物理网络满足全业务承载以及海量的不同 SLA 的定制等需求，成为承载网需要关注的问题。具体可以分为以下几个方面：

- **网络摩尔定律驱动的可阻塞网络。**5G 时代单基站接入速率将超过 5Gbps，必然要求接入、汇聚网络要以更大的带宽来支撑。而 2B/2H 业务迁移到这张综合承载网之后，带宽诉求也必将有更大幅度的增长。网络摩尔定律驱动 IP 设备容量每 24 个月翻一倍以满足带宽诉求。

- **业网分离的极简网络架构。**无线、核心网云化之后，基站与核心网、核心网之间的连接将会变得复杂，且云化之后无线、核心网网元能够以分钟级效率快速部署，必然要求与其配套的承载网连接也要以敏捷的方式，提供分钟级自动化的连接。传统网络架构下，网络与业务耦合，单设备内同时集成了 BRAS 等业务类功能和转发功能，当业务变化时，网络也要随之变化，导致牵一发而动全身，业务布放效率低下，网络扩容困难。同时网络需要支持 30+ 种复杂协议，6000+ 条配置命令，人员技能要求高。



通过业务与网络连接解耦，可以使能更敏捷的业务连接与发放。如将 BNG 实现 C/U 分离，业务系统统一和 Control Plane（CP）对接，集中进行模板化业务配置，新增 User Plane（UP）仅需基本配置，业务上线速度大大加快。UP 可被统一 CP 集中管理，按需调度，满足不同业务差异化的需求。同时为满足确定性超低时延的诉求，需要基于 SRv6 简化协议，使能更加简化的 Fabric 架构，做到一跳直达。

- **网络智慧大脑使能的全生命周期自动化和智能化。**传统运维方式效率低下，是运营商 OPEX 居高不下的主要原因。而未来 5G 承载网将是 2B/2C/2H 业务综合承载网，更复杂的业务，更复杂的运维，将会让运营商无法承受。以业务开通为例，目前专线业务的部署依赖人工规划和人工配置，尤其在跨自治域和跨厂商场景下，涉及到运营商不同部门的管理协调，跨厂商涉及到业务对接，导致专线业务部署的效率非常低。因此，通过引入网络智慧大脑，实现快速业务发放、快速问题定位以及预测性维护，将成为运营商的关注点。

基于IDN的5G场景解决方案

10GE到站，按需提供50GE接入环、100/200GE汇聚

对于有光纤的区域，建议新建或升级到 50GE 接入环，同时可接入 3G/4G/5G 业务；当前 100GE 光模块成本是 10GE 光模块的 10-15 倍，直接升级到 100GE 接入环对于运营商来说成本压力巨大。而基于 PAM4 技术的 50GE 光模块，通过对 1 个 25G 光模块超频实现 50GE 能力，而 100GE 光模块是通过 4 个 25G 光器件组合而成成本很高，所以 50GE 接入设备单比特成本和 100GE 相比降低 30%，有效节省运营商投资。

对于无光纤区域，通过 5G 微波来进行补充覆盖。华为有业界领先的 5G 微波技术，可以在任意常规波段提供 10Gbps 带宽；同时华为独有 2+1 架构，1 个天线可以支持 2 个任意频段的 ODU，每个 ODU 支撑 4 个载波通道，可以支持一次进站完成硬件安装，软件远程灵活扩展带宽，相比其他厂家的多次进站，节省 50% OPEX。

按需E2E部署SRv6协议，简化5G业务协议配置

5G 业务 E2E 采用 SRv6 协议实现协议配置极大简化、配合 NCE 实现源节点一次性配置路径上所有协议，实现业务快速发放。同时华为设备支持 MPLS/SRv6 双栈，4G 业务仍采用原有 MPLS 协议逐点配置，对原有业务无影响；实现 4G/5G 业务混合承载。

华为全系列 IP 设备均基于 NP 的可编程芯片实现，可以通过软件升级来平滑支持 SRv6 协议，减少由于协议升级带来的硬件更换成本。

管控析统一平台，使能全生命周期智能运维

基于云化平台的 NCE 智慧大脑，可以实现网络自动化，开放网络能力。NCE 面向网络规划仿真、网络业务部署和发放、网络监控、保障和优化的全流程，基于统一的软件编排和工作流引擎，面向不同的业务和商业场景快速灵活地构建差异化的服务包，实现物理 / 虚拟网络功能的全生命周期自动化，目标是通过友好的、实时在线的消费者服务 Portal 或应用，实现网络连接服务从月到天甚至分钟级的快速开通；通过统一、简单和清晰的管理员工作台，实现规划、部署、监控、维护和保障的智能化运营，10 倍提升运维效率，极大地降低 OPEX。同时引入基于 AI 和大数据的预测性维护，可以提前数天甚至数月识别出故障，及时进行处理，大幅降低运维成本。

IDN在5G场景的Use Case

Use Case 1: 自动化5G加站及业务部署

过去，4G CSG 的部署依赖于现场技术人员通过电话与在远程的 NOC 工程师沟通，然后由 NOC 工程师在网管系统上手动配置，仅仅基础配置和业务发放总共就需要 20 个步骤，涉及 100 多个参数，整个过程效率极为低下，平均耗时 30 分钟，同时存在高达 2% 的错误率，将耗费额外 2 小时的返工纠错。

通过替换为基于规则的自动化，在安装和检测 CSG 的二维码后，NCE 自动完成零配置网络和业务配置发放，无需人工的配置操作，避免人为操作失误。

NCE 利用较少的参数集简化和自动化配置过程，使新的站点软调交付时间从三十分缩短到三分钟。



Use Case 2:故障自动定界和智能排障

传统网络运维基于用户投诉和网管告警被动响应，对丢包和时延等质差无感知手段，90% 的故障处理是由投诉驱动的。现有技术只能执行 15 分钟的监测点采样，几乎无法提供足够的数据进行故障排除，平均需要 90 分钟才能完成故障处理，而且每天例行根据网络的状态，耗费 2 小时进行手动优化网络。L 运营商经历了一个承载网设备芯片转发故障，使网络丢包而导致网大量投诉，但网管系统无告警，直至质差累计到阈值后，路由自动切换路径后自行恢复，期间 20 分钟里产生了上千张投诉单，运营商又再耗费数个小时逐步手动排查后才识别出故障点。

华为 IDN 实现主动运维减少 90% 投诉，故障分钟级定位和自恢复，SLA 可承诺，业务 0 影响。

实时感知业务 SLA：采用 Telemetry 秒级监控所有基站的 SLA，以及承载设备的海量 KPI 指标，在客户投诉前就能感知到业务 QOE 劣化；

分钟级故障定界和定位：基于 telemetry 的 iFit 随流检测功能，结合基于 ML 的故障定位算法，将监控点扩展到每一跳，秒级采样，提供逐跳诊断，在十分钟内识别出故障节点；

业务自动恢复：NCE 根据业务 SLA 要求，基于 SRv6 重新计算一条业务路径，隔离故障节点，故障业务自动修复。

5.2 企业园区

趋势

随着前文提到的云计算、大数据、AI、物联网等各种 ICT 技术的不断快速发展，各行各业的数字化进程正在不断加快。无论是政府、企业、高校、零售还是制造行业，每个行业都在构建各自的数字化空间，促进生产效率和客户体验的极大提升。

无一例外，这些数字化空间都展现出来一些共同特征：

- 无处不在的联接。不仅仅是人的联接，而是人 - 机 - 物 - 业务的随时随地全联接。
- 业务即需即得。相比以前，网络使用者能极快速地获取业务，生产效率极大提升。
- 以体验为中心。网络不再只是提供“连接”，而是通过数字化手段持续地提升使用者体验。

挑战和诉求

挑战 1：静态预设的园区网络难以实现业务即需即得

传统的园区网络基于命令行静态预设，但是快速增长的联接需求使网络规模呈指数级增长，同时数字化业务的变化速度又大大快于以前，传统的逐设备命令行配置完全无法满足业务变化的要求。

挑战 2：业务体验难以管理，只能对故障被动响应

现有的网络运维属于“救火式”，运维人员无法主动识别故障，只能在故障发生后被动响应。这与当前的网络运维以设备为中心有关，通常对设备、链路和端口的故障进行监控管理，无法识别和监控不同终端、不同用户、不同应用的差异化连接需求，尤其在无线网络环境下更难保证。而数字化空间，尤其是数字化生产和数字化服务对业务体验的要求持续提高，对业务体验可视化管理的需求日益迫切。



基于IDN的园区场景解决方案

华为智简园区网络解决方案，基于 IDN 理念，将大数据分析、AI、和云的技术引入，为客户构建一张超宽连接、自动化部署、智能运维和威胁自防御的园区网络，并持续牵引兼容性、开放性标准，帮助客户使能行业数字化转型。

智简园区网络采用最先进的 Wi-Fi 和有线网络技术，基于客户不同场景针对性改良，打造一张极速连接、物联融合接入、超低时延、且高可靠的有线无线融合网络，满足各行业日益广泛的物联接入、全无线办公，以及超高带宽应用如 AR/VR/4K 视频的需求。

IDN 如何在园区网络实现极简和业务即需即得？智简园区网络利用 SDN 和自动化技术，实现 Underlay 物理层网络，到 Overlay 虚拟网络，继而至业务策略层的自动化与策略发放。利用云管理技术，提供云端集中式运维、云端巡检，降低 OPEX 80%。利用大数据和 AI 技术实现智能运维，使得业务体验可视，识别 85% 的潜在故障并检测其根因，以及对未知高级威胁的检测和自动防护，大幅降低威胁检测和响应时间达到 90% 比率。

IDN在园区网络场景 Use Case

UseCase1：实现园区业务网络“分钟级”发放

传统业务网络部署，通常采用人工规划设计，现场通过命令行方式逐设备进行业务配置，效率低下且易出错，业务交付周期长；基于 IDN 架构，园区网络引入 NCE 自动化引擎，集传统网络管理及用户策略管理于一身，可为园区网络 Underlay，Overlay 及 Policy 提供集中规划、部署和管理，提升园区网络部署和管理效率。

举例：某客户新增一套安防监控业务，在园区出入口和各办公区域提供无死角的安全防护和视频监控。

AS-IS：采用烟囱式架构进行业务部署，需新增部署 1 套物理网络，通过专业人员规划及逐设备进行业务配置，业务网络上线需要 4-6 周；

TO-BE：采用 VxLAN 虚拟化技术，无需新增物理网络，IT 人员在自动化引擎的图形化界面数十次点击即可完成虚拟网络的规划和需求设计，自动地完成网络设备部署，安防监控业务上线只需 5 分钟，同时实现与既有业务的安全隔离。

UseCase2：基于AI和大数据技术，检测85%以上潜在故障，实现分钟级网络故障识别并自动优化

传统网络运维，以设备为中心，无法感知用户业务体验，网络故障在用户投诉后才发现，然后逐设备定位和排障，排障效率低，周期长。基于 IDN 架构，园区网络引入 NCE 分析引擎（CampusInsight），采用 Telemetry 实时采集网络数据，通过大数据和 AI 技术对网络数据进行挖掘和分析，感知到每用户每时刻每应用体验，可检测 85% 以上的潜在故障，故障发生后分钟级自动定位与修复，未来更可实现网络故障的预判和提前优化，提升园区网络运维和排障效率。

举例：某公司研发部员工反馈笔记本上午办公正常，但下午在会议室参加 PC 语音会议时出现频繁卡顿，掉话等现象。

AS-IS：IT 人员通过网管检查会议室的 AP，接入 / 汇聚设备，会议系统等，模拟测试结果正常；随后到会议室，通过手持终端软件进行 Wi-Fi 性能测试，结果也正常；检查该员工终端发现 Wi-Fi 信号弱，排查发现终端连接在隔壁办公室 AP，进而确定故障由“粘性漫游”所致，最终通过手工开启智能漫游解决，从投诉到问题解决花了 4 个多小时。

TO-BE：通过网络分析引擎快速查看该用户全天的网络业务体验，图形化界面直观显示该用户全天连接在同一 AP，上午业务体验正常，下午丢包率高，平均时延大，数据流量低，最主要的是 Wi-Fi 信号强度和协商速率非常低。分析引擎确定该用户为“粘性漫游”用户，并自动给出“开启智能漫游”建议，一键修复，问题解决只需数分钟。

5.3 数据中心

趋势

当今世界，几乎所有的企业都在如火如荼地实施数字化转型。为了应对数字化转型的挑战，云化、AI、大数据成为发展趋势，ABC 技术正在加速企业数字化转型，重塑企业核心竞争力，而企业的数据中心是关键的价值所在。

数据中心作为企业核心业务中心，已经走过虚拟化阶段，正在从云阶段走向 AI 阶段。如果说虚拟化的使命通过池化提升资源利用率，云计算通过服务的形式提升业务的发送速度，而 AI 数据中心的价值在于从数据中挖掘智慧实现商业价值。这样一个跨代的数据中心呈现出以下发展趋势：

- **多云趋势：**物联网带来的边缘计算，推动着边缘云的快速发展，那么如何实现边缘云与中心云的多云协同、统一部署上升为越来越多企业的主要诉求。
- **爆发式增长趋势：**数据中心规模飞速扩张，经常需要新建和扩容数据中心。以大型互联网公司为例，其数据中心服务器建设量每年以50%到100%爆发式的增长。
- **秒级弹性伸缩趋势：**应用快速上线的需求，要求网络实现秒级部署，而基于多云、容器云的业务调度以每天超过200次地频繁进行网络配置变更。

挑战和诉求

数据中心作为 AI 应用的载体，尤其是数据中心网络，承担着 AI 应用、云、大数据的联接关键作用，面临着新的挑战 and 更高要求：

多云协同

- 混合云的兼顾优势使得其往往作为大中型企业客户的首选策略，那么如何实现私有云与运营商公有云的对接协作、自由切换也成为越来越多企业的主要诉求。

极简体验

- 数据中心规模飞速扩张，其数据中心网络每 2 到 3 年便面临剧烈改造，急需实现网络新建和扩容极简自动化。
- 数据中心业务需求，从需求提出到网络实施部署，需要繁琐的流程工单和人工干预，耗时长且易出错，无法匹配全数字化业务环境的极速要求。

智能运维

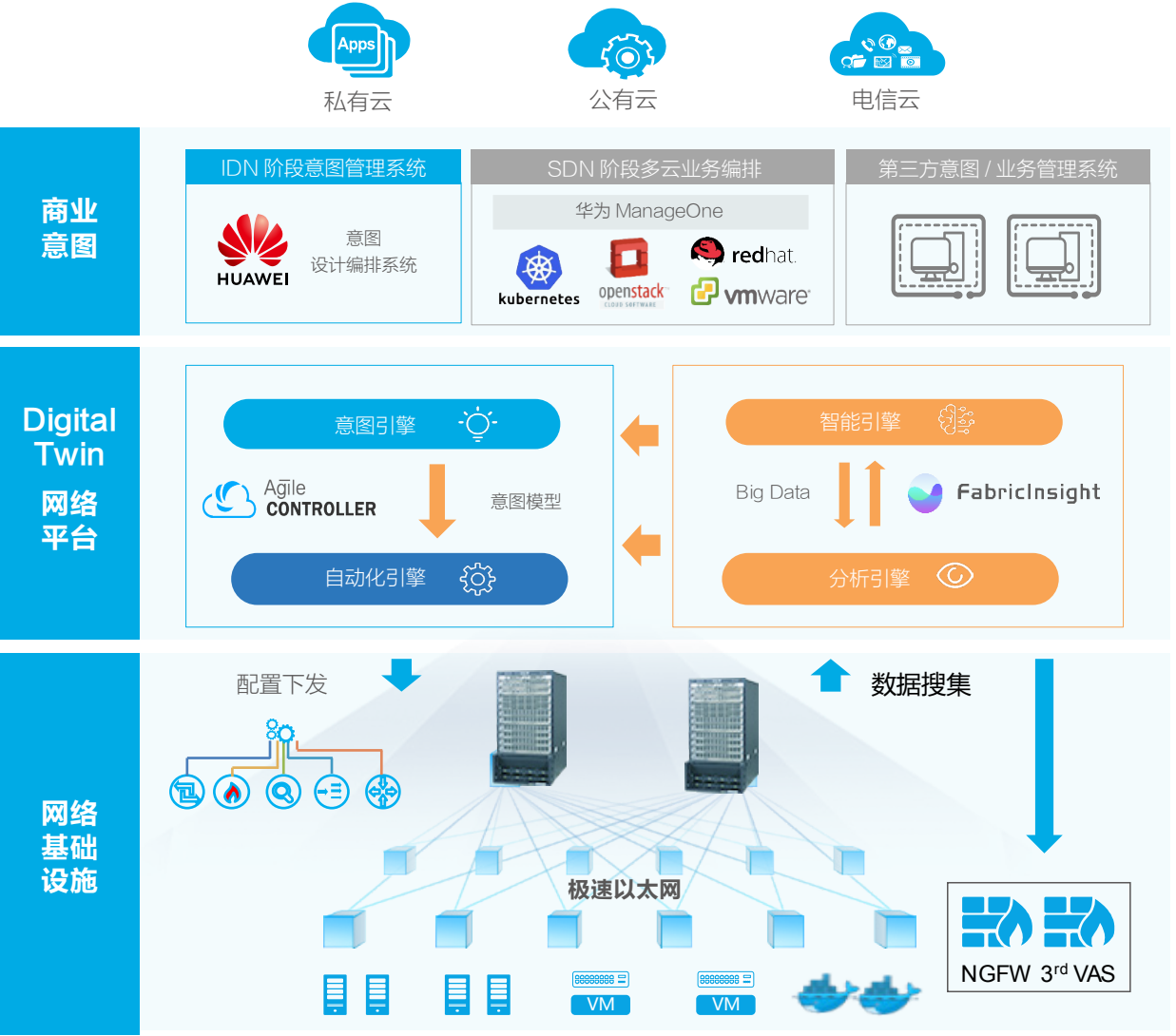
- 网络配置变更。当前网络缺乏校验机制，评估业下发或变更影响、检查配置正确性等依赖运维人员专业经验和人工检查。一个应用上线需要 2 天甚至更多时间。

- 应用状态关乎客户体验，实时感知应用状态、自适应优化以及预测性运营是企业提升竞争力和运营效率的有效路径。传统网络以网元为中心，无法实时感知应用状态，也无法对网络进行动态故障诊断和处理，且没有提前预防的手段。

可以说，随着数据中心日益增长的规模和复杂性，其网络新建和扩容、业务极速上线和频繁调整、快速排障等的复杂性已经超出了人工可处理的极限。网络成为制约加速企业数字化转型的瓶颈，急需匹配 ICT 转型节奏。

基于IDN的数据中心场景解决方案

华为意图驱动的数据中心网络架构如图所示，包括商业意图、数字孪生的网络平台以及极简超宽的云化网络基础设施。



华为意图驱动的数据中心网络架构

商业意图即企业用户的商业逻辑 / 决策，随着 SDN 向 IDN 演进，商业意图层的平台也从 SDN 阶段向 IDN 阶段逐步演进，可按如下归类：

- SDN 阶段多云业务编排系统：
- IDN 阶段意图管理系统：

事实上，关于数据中心的意图，根据当前不同企业、不同行业的组织分工和运营情况，也可归纳为商业 / 业务意图和网络意图。

意图分类	示例 1	示例 2
商业 / 业务意图	我今天要上线一个安全的分布式应用	我要扩展我的应用数据库
网络意图示例	我要扩容 100 台服务器	我要快速升级 10GE 网络到 25GE 网络， 批量替换交换机和服务器

华为商业意图平台支持上述两类意图，满足不同客户的多样化诉求，平滑向意图驱动的数据中心自治网络演进。

数字孪生的网络平台是意图驱动的数据中心网络的核心大脑，是实现自治网络的关键部件，从商业意图到网络基础设施的落地，需要通过数字孪生的网络平台进行转换和处理。

数字孪生的网络平台包括意图、自动化、分析和智能四大引擎。四大引擎相互作用，对上接收商业意图，对下通过意图驱动的自动化服务作用于网络基础设施，并实时感知网络状态，进行预测性维护。

网络基础设施层包括网络中各种物理和虚拟设备组成的底层网络（Underlay Network）、以及在底层网络之上叠加的逻辑网络（Overlay Network）。

在 Underlay Network 方面，华为基于开放 Ethernet 进行技术创新，创新地打造了下一代智能无损低时延的 AI Fabric，依靠两级 AI 智能芯片和独特的智能拥塞调度算法，实现 RDMA 业务流的零丢包、高吞吐和超低时延，加速 AI 时代的计算和存储效率，最终获得专网的性能、以太网的价格，整体 ROI 达到 45 倍。



IDN在数据中心场景的Use Case

Use Case 1：数据中心意图驱动业务自动化部署

商业诉求通常由一个或多个业务意图组成。当前，数据中心实施一个业务意图需要大量的人工操作，并且需要业务与网络部门甚至更多领域配合，经过耗费很长时间的流程，才能够保证业务意图最终落实。这个过程中，业务意图首先需要由人工识别和理解，再将其转化为可在网络中应用的策略。以招行为例，招商银行是中国最大的零售银行，零售客户破亿。面向未来，招行提出通过大数据重构客户运营面的战略发展思路：一方面通过实时风险控制，降低不良贷款率，同时精准营销发展更多的客户。但是当前的数据中心，多个业务系统缺乏有效协同，传统数据挖掘平台之间与业务系统不能实时交互，导致不良贷款等风险通过离线决策，不能有效控制；征信评估时间较长（约3到5周），同时业务与网络割裂，网络需要人工配置。

华为意图驱动的数据中心网络，通过云平台与大数据业务对接，实现基础设施的弹性伸缩和灵活调度，网络秒级自动化部署。大大降低网络工程师用于网络规划、设计、开局、部署、验证和故障排除的时间，也由此降低了网络运营支出（OPEX）。

- 用户直观地表达业务意图，意图引擎理解用户意图并将转换为基于模型的策略，同时进行通过一致性和完整性检查，确保策略与意图的一致性。意图和策略可以重复利用，比如可利用之前表达的意图再次进行应用的扩展。

- 基于模型的策略自动化转换为标准、具体的网络配置，一键式部署到网络，实现网络秒级发放。另外，意图驱动的数据中心网络支持 ZTP 开局和扩容，实现初始网络的自动化搭建。

- 通过闭环设计，意图网络保障过程中验证网络配置与意图的一致性，可以在潜在问题发生之前发现问题，或者快速地给出网络故障根因，保障数据中心网络频繁动态调整的场景下，业务正确、正常运行。

通过理解和转换用户意图、全自动化部署网络、持续保障网络与意图的一致性等步骤，华为意图驱动的数据中心网络让业务更加敏捷，智能识别业务意图并基于业务意图的网络自动发放，助力业务分钟级上线。支撑整个大数据重构的业务系统高效运行，最终使得招行风险案件下降 50%，小微贷获客转化率提高 40 倍，信用卡评估时间降低为分钟级。

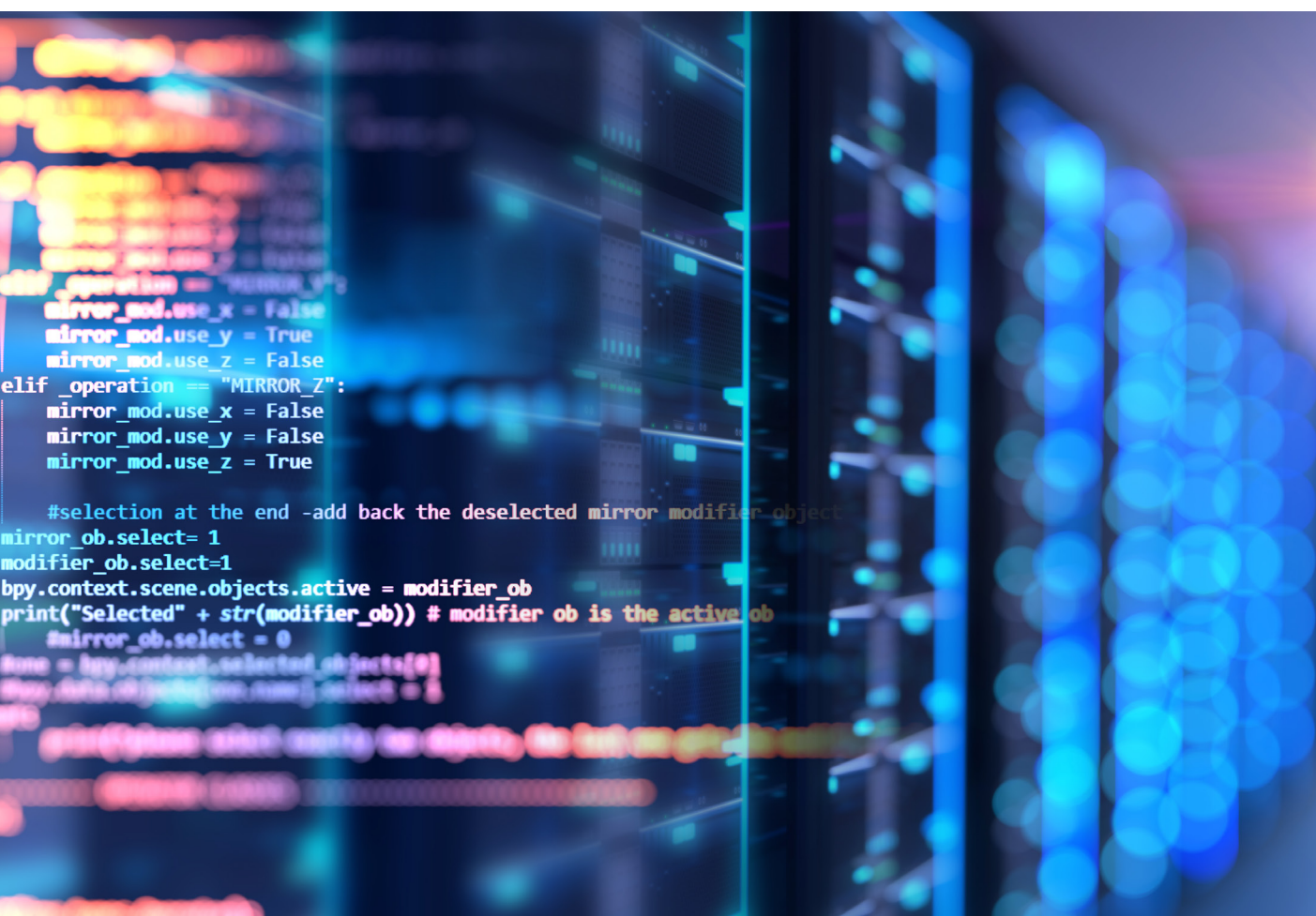


Use Case 2: 意图闭环验证, 保障网络与意图一致性

SDN 时代实现了网络自动化部署, 但是缺乏验证机制。定义一个逻辑网络模型后, 点击部署键后, 就开始自动化向网络下发, 而没有保障下发是否能够成功、下发后对已有网络产生怎样的影响。用通俗的话说就是“管下不管对”。

华为意图驱动的数据中心网络在整个闭环过程中对网络进行保障和验证, 确保业务的准确运行。意图转化为网络配置后, 通过配置建模, 预校验配置与意图的一致性; 预校验物理网络基础设施剩余资源是否足够; 预校验当前配置是否对原有配置产生影响。比如, 当前数据中心网络用户有一个很头疼的问题, 配置的 ACL 随着时间的增长不断增多, 每次业务调整, 投入大量的专家人力通过肉眼和经验分析和验证新增 ACL 是否与现网有冲突。而通过意图验证机制, 可以自动化地解决这个问题, 将问题控制在网络发放之前, 影响降至最低。

通过减少过劳工程师的操作工作量, 网络人为错误率将会从今天的 35% 降至零。这将对网络可靠性产生重大影响, 从而对业务运营产生同样大的影响。在万物互联的世界中, 网络就是业务, 时刻保障网络与业务的一致性, 确保意图被准确执行至关重要。



06

IDN通过NetCity创新合作模式与运营商共同实现落地

NetCity 是华为联合运营商践行 IDN 的创新平台。NetCity 创新采用 DevOps 模式，组建联合团队共同定义 use case、迭代开发、市场验证和业务设计，充分发挥华为在过去三十年积累的开发能力、算法、解决方案等技术优势，以及运营商在商业案例设计能力、运营运维能力、业务服务能力等方面的优势，共同打造技术和商业领先的解决方案，缩短从技术验证到商业兑现的周期，助力客户提升社会形象和品牌价值，在商业联合创新中构筑双方的战略互信。



2018 年华为通过与全球 20+ 个客户合作，启动了 25+ 个 NetCity 联合创新项目，联合设计并开发 Use Case 63 个，已上线运营 37 个。IDN 理念、NetCity 创新模式和进展已经在客户及业界建立广泛影响力。





版权所有 © 华为技术有限公司 2019。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。

商标声明



、HUAWEI、华为、是华为技术有限公司的商标或者注册商标。

在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其他商标、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。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

华为技术有限公司

深圳市龙岗区坂田华为基地

电话: (0755) 28780808

邮编: 518129

www.huawei.com