



NetX2025

运营商目标网技术白皮书

GUIDE to THE FUTURE



ANALYZE THE FUTURE Additional Research and Analysis by IDC

CONTENTS

前言

1 目标网 2025 扬帆起航正当时 01

1.1 目标网 2025 规划的三大驱动力	02
1.1.1 商业成功	02
1.1.2 TCO 提效	03
1.1.3 技术使能	05
1.2 回归商业本质, “以业务为中心”的目标网 2025 规划方法论	07

2 以“GUIDE 模型”定义目标网 2025 架构 11

2.1 目标网 2025 的五大特征	12
2.1.1 泛在千兆	12
2.1.2 超自动化	13
2.1.3 智联多云	14
2.1.4 差异体验	15
2.1.5 绿色环保	16
2.2 目标网 2025 的 GUIDE 模型	18

3 目标网 2025 的规划及发展建议 19

3.1 无线网络规划及发展建议	20
3.2 核心网规划及发展建议	29
3.3 固定网络规划及发展建议	40
3.4 面向运维的自动驾驶网络规划及发展建议	54

4 技术创新是应对未来不确定性的“万能钥匙” 67

4.1 5.5G	68
4.2 IPv6+	70
4.3 智能	77

愿景 81

前言

人类即将迈入万物互联的智能世界，智能无处不在，网络无处不在。与此同时，ICT 产业正进入一个全新的产业周期，驱动金融、交通、制造、政务等行业产业升级，助力千行百业的数字化进程不断开启，精彩纷呈！

运营商网络作为社会经济可持续发展的战略基石。特别在后疫情时代，伴随着 5G/F5G 等新网络技术规模化部署，不断催生的新行业新应用正在由消费型向生产型转变，人们的生产、生活方式将迎来变革，这为社会提供数字化转型新服务创造了条件。一方面，运营商具备 5G、专线高质量网络连接和 DC 机房的资源优势，可依托与政府、行业长期合作建立的信赖关系，满足政府和行业各种数字化转型需求的基础上，建立起业务应用生态圈，提高综合竞争能力，与 OTT 产业形成差异化优势；另一方面，运

营商可以借助对网络联接的控制能力与 OTT 相关产业链开展合作，通过云网融合满足企业上多云，好上云的需求，提升用户体验。用户体验虽然表现在云，但关键支撑还是在网，在未来的互联时代，差异化的 E2E 网络联接优势永远都是竞争力。

本白皮书意在与全球运营商一起探讨如何勾勒目标网 2025 蓝图，触发全行业对于商业机会，产业合作、技术演进等领域的战略思考。打造一个稳定、可靠、高效的目标网络架构，为未来构筑差异化竞争力，从而最大化网络价值，实现可持续发展的商业成功。

—
1

目标网 2025 扬帆起航正当时



1-1

目标网 2025 规划的三大驱动力

1-1-1 商业成功

人口红利消退、流量红利苦涩，积极寻找新蓝海

世界正在被移动通信所改变，我们的沟通、分享、娱乐、购物和生活的各个方面都在被移动化和数字化，这也推动了 MBB 的蓬勃发展。回顾过去 15 年，运营商经历了从人口红利到流量红利到数据红利的阶段性转型，大部分运营商通过人口红利获得了收入高速增长，但是流量红利出现后没有把握好，依然是维持人口红利的规模扩张化思路，最后没有跑赢剪刀差的趋势，部分运营商甚至出现负增长，全球运营商数量也在迅速减少。

行业数字化驱动运营商向 ToB 业务为中心转型

2020 年 7 月，中国山东的“中国棉纺织名城”滨州邹平的某纺纱厂内，长度达 35 公里的纺纱生产线上，从粗纱到产品入库全自动化运输，自动包装，每个工序和作业点可视化管理，整个流程无任何人工直接参与。生产车间里，使用 5G 激光导航的 AGV 运输小车穿行自如，轻松将直径 1 米、重达 100 斤的棉条筒从梳棉工序运到并条工序，整个流程不需要人工直接参与。此外，生产线还具备订单进度预警、设备状态预警、质量超标预警、环境超标预警、能耗超标预警、一键生成产质量报表、质量数据实时监视、订单实时跟踪等多项功能，所有设备实现数据集成分析。通过应用最新的连接 + 计算能力，数字化生产线用工人数，较该公司目前同规模生产线用工人数降低 90%，既减轻工人劳动强度、降低劳动成本，同时提高产品质量，公司在纺织行业的竞争力大大增强。

未来十年是运营商发展的黄金期，运营商业务发展有几个黄金期。第一个：程控交换机时代固定电话用户爆发；第二个：GSM 时代移动电话用户爆发；第三个：

固定宽带和 4G 时代宽带用户数爆发；第四个：全行业数字化时代，机器视觉、IOT 和大带宽终端爆发。对于运营商来说，5G 的加速发展为运营商带来了新的机遇，也是在企业数字化业务领域与 OTT 在同一起跑线的新竞赛，实现业务创新和业绩增量。

1-1-2 TCO 提效

全球 5G 商用加速，确定的投资如何实现“精准建网”？

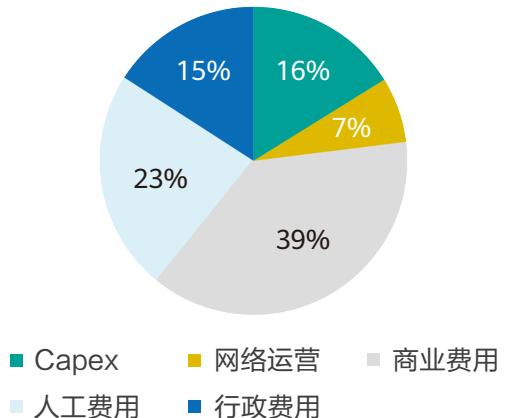
站在今天看昨天，我们回顾 3G 和 4G 的发展历程，可以看到每个阶段都有较强的需求支撑，当时运营商的人口红利尚未结束，人均 ARPU 值普遍高于现有水平。

站在今天看明天，5G 开始于 4G 投资尚未完全回收且人口红利消失的时期，运营商的投资会变得更加谨慎。俗话说“良好的开端是成功的一半”，运营商想要赢得 5G 时代这场竞赛最终的胜利，做好目标网的规划成为关键。面对未来 5-10 年的 5G 生命周期，在投资有限的情况下，如何实现精准规划、精准投资和精准建网，将“好钢使在刀刃上”，最大化网络价值，这已经是迫在眉睫需要考虑的问题，并积极付诸行动。

通过架构级创新，实现运营成本降低和人均效率提升

过去十年，2G/3G/4G 网络并存使得运营商 Opex 逐年持续上升，运营商网络面临结构性问题，我们以欧洲某运营商为例：

欧洲某运营商各成本占销售收入比重



可以看到，传统运营商的 Opex 压力较大，在总收入中的比重在 50% 以上，与 Capex 比例甚至超过了 5:1，我们认为一个健康的投资结构应该在 3:1 左右或更低。

对于运营成本，2-3-4-5G 四代同堂使网络复杂度、业务复杂度和运维复杂度都将大大提升，运营商网络面临前所未有的挑战，降低 Opex 已经成为全球运营商的共识和重要手段，当前通过新技术应用大幅提高网络运营效率，是一个可借鉴的思路。某大型互联网公司 CEO 曾讲到“AI 将给人类带来革命性意义，甚至会比电或者火带来更深远的影响”。

“用智慧的眼光看待前方，那将是成功的关键”，除了 AI，大数据、数字孪生等新技术、新协议和新网络架构，也必然能够为运营商网络注入更多活力。我们看到部分领先的运营商已未雨绸缪，积极开展面向未来 5-10 年的目标网规划，使网络实现更好性能、更高效率和商业敏捷。我们深信用架构级创新来应对电信行业结构性挑战，一定能够帮助运营商实现 TCO 的优化和改善。

1-1-3 技术使能

网络 2020 为下一个五年奠定了技术基础

云的应用和出现开启了技术革命的序幕：按需获取、始终在线、用户自助服务、弹性扩展等几个关键特性，完全符合业务需求，符合 ROADS 体验标准，而且更加可以确定的是 OTT 都是基于云化来发展的。这是运营商必须要走的一步，公有云可以为客户提供 IaaS/PaaS/SaaS，私有云可以把运营商的 B 域 O 域云化，管理系统云化。

SDN 技术带来了网络的敏捷性和实时性，帮助用户自助服务，确保业务实时发放、按需定制的能力。SDN 在各个领域得到了广泛的应用，从广域网的应用扩展到了数据中心之内，也被应用到 VPN 及专线业务的发放，SDN 技术本身也从转控分离演进到了网络自动化。在上一个 5 年中，SDN 在运营商的网络中大放异彩，也让运营商的运维效率得到了极大的提升，减少了人员投入的同时把人力从重复被动的劳动中解放出来。

另一个关键的技术则是 NFV 的引入：NFV 本质上是把电信网元虚拟化、云化，最终享受到云带来的好处，即弹性、按需、在线等好处，尤其是弹性扩缩容的能力似乎非常打动人心。于是全球运营商，以 AT&T 为代表，自 2014 年以来，纷纷尝试电信网络云化转型，AT&T 的目标是 2020 年实现 70% 网元的云化，Telefonica、VDF 纷纷制定了云化目标，这成为上一个 5 年中一场轰轰烈烈的技术变革。

虽然 SDN/NFV 仍有很多不足，但是不可否认的是他们为下一个 5 年运营商的网络发展，从架构上奠定了极其重要的基础。

5G、AI、边缘计算等新技术加速行业数字化转型进程

放眼整个产业，热点不断，AI 彻底激发了通信产业及千行百业创新的热血，边缘云也从观望逐步落地成为业界关注的焦点，IoT 再次被 5G、AI 及边缘计算激活承载厚望。中国移动的 5G+，业界提出的 5 机协同，似乎都昭示着这是一次前所未有的产业革命。

5G 的加速部署，带来了千行百业的商机，5G、AI、IoT、边缘计算、云计算的协同将带来无限可能。VR/AR/MR、车联网、数字孪生、全息通信这些业务都是对现有网络提出巨大的挑战，运营商的网络必须适配这些新的业务。网络 2025 对于运营商至关重要，基于 5G 的连接和入口彻底进入垂直行业，使能千行百业的数字化，这是运营商的重大机遇，下一个 5 年是运营商最挑战的 5 年，也是最好的 5 年。

1-2

回归商业本质，“以业务为中心”的 目标网 2025 规划方法论

从 2G 到 3G 再到 4G，是以“语音”和“流量”为中心进行目标网规划，业务模型相对单一，主要是面对人的通讯诉求。而 5G 开启下一个 5-10 年的业务巨变，不仅是人与人的通讯，更重要的是面向物的联接以及不确定性的行业场景化业务。运营商面向网络 2025 目标网规划应以“业务为中心”，同时考虑“流量流向、场景化、服务能力”几个新变化作为规划指引。

ToC/ToH：富媒体娱乐、VR 体验购物和超高清视频带动个人用户和家庭宽带的快速发展，视频业务正在从高清、4K、8K 等二维平面视频向以 VR 为主的立体视频扩展，Cloud VR 和全景视频正成为千兆宽带的助燃剂，需要的宽带会提升 10-100 倍。以全景 24K VR 体验为例，最小需要 870M 的带宽。GSMA 预测，到 2025 年全球的 5G 用户总数将达到 16 亿，中国市场占比在 40%，届时全球家庭宽带用户的平均网速将超过 250Mbps，中国拥有超过 8,000 万千兆用户。目标网 2025 要考虑做好 5G 覆盖/F5G 覆盖，结构性改进 TCO，支持全业务演进，实现无处不在的泛千兆连接。

ToB：回顾昨天，2G/3G 时代，运营商提供的服务品类相对单一，但听不到同质化竞争的声音，其根本原因在于整个市场方兴未艾，规模持续高速发展，大家都在忙着抢增量市场。4G 时代伴随着 OTT 业务的出现，运营商对产业链的影响力开始在逐步下降，对用户的争夺已经进入了存量用户的阶段，管道化更加严重。5G 时代，运营商的重心开始向 ToB 市场偏移，5G 的侧重点已经不再是在消费领域，更是的是赋能传统行业。据权威机构预测，2025 年，中国 5G 产业将带动 3.3 万亿元直接产出。全球视角来看，运营商 ToB 业务从连接走向“连接 + 计算 + 云 + 应用 +AI”，进入行业纵深，业务形态从传统的广域连接走向“广域连接 + 局域连接 + 边缘云 + 公有云 + 应用”的场景化解决方案。运营商从传

统的连接业务走向为企业提供 New ICT 服务已是必然，预计到 2025 年前后，ToB 业务将成为全球先进运营商收入主要增长点，占比超过总收入 50%。目标网 2025 要充分考虑精准覆盖（室内 / 室外）、5G 切片部署、边缘云、多云协同等规划，在一定规模基础上，由“规模建设、普适建设、广泛覆盖”向“精准建设、分场景建设、深度覆盖纵深”规划，另一方面，做好 5G 落地应用，拓展行业应用，通过以建促用、以用促建，推进 5G 网络建设和规划，形成可持续的高质量发展。

新技术：面对未来 ToB 业务的不确定性和复杂性，中国有句话叫“以不变应万变”，技术创新无疑是应对未来不确定性的“万能钥匙”，学习新技术、拥抱新技术，能有效应对即将发生的变化，目标网 2025 规划，需要激发新一代信息技术、大数据、云计算、物联网和人工智能的活力，为智能世界增添新的驱动力，增强世界经济的确定性。

网络流向：运营商 ToB 业务最大的变化，是从传统的广域连接转向广域连接 + 企业 / 园区局域连接，同时伴随着 MEC 下沉到企业机房或 CO 机房，ToB 业务在 MEC 或企业私有云终结。相比于传统流量模型，网络从接入到传输到 DC，从南北到全向网状。预计到 2025 年，运营商网内东西流量与南北流量将达到将近 1:1 的比例。目标网 2025 必须要考虑无处不在的园区无线连接 / 有线连接 / MEC 机房 / 光纤资源的规划和覆盖。

网络流量：未来 5 年，家庭高清视频娱乐、5G 规模商用会带动运营商现网流量出现 10 倍以上的高速增长。目标网 2025 必须要考虑接入网 / 城域网 / 无线承载网容量面向未来平滑演进并适度超前规划。运营商应以目标网为基础，加强业务流量增长预测的准确性和及时性，有步骤、有重点地推进网络规划和建设。

场景化：伴随着运营商的业务重心开始向 ToB 市场倾斜，而行业市场的“碎片化、场景化”导致了千行百业的业务需求不尽相同，且没有一套统一的产品或解决方案在同一行业项目中可以规模复制，例如同样的视频回传业务，不同厂家摄像头、

不同码率都对网络带宽要求不同；不同的环境如高温、潮湿、易爆、高速移动等环境，对于网络可靠性和安全性要求更高；智能制造工厂的机器视觉需要 5G 大上行 + 云 +AI 的协同，这些挑战对运营商场景化解决方案能力提出了更高的要求，同时要具备构建行业集成差异化能力。运营商有必要通过目标网 2025 规划不同场景业务需求的网络差异化能力，来应对上述的种种不确定性挑战。

服务能力：面向 2025，传统的线下针对 ToC/ToH/ToB 的服务模式，已无法适应企业 New ICT 需要的贴身管家服务。新服务能力要求业务实现分钟级开通、网络 SLA 全程可视、业务 DIY 灵活组合，从订购到使用到付费，打造客户服务的极致体验。高质量的服务代表高溢价能力，目标网 2025 规划应以网络差异化能力为基础，通过数字化运营系统的能力规划建设，做到“规划更精确，部署更快捷，运维更简单，优化更高效”四个方面的保障，实现端到端网络的高质量服务。

—
2

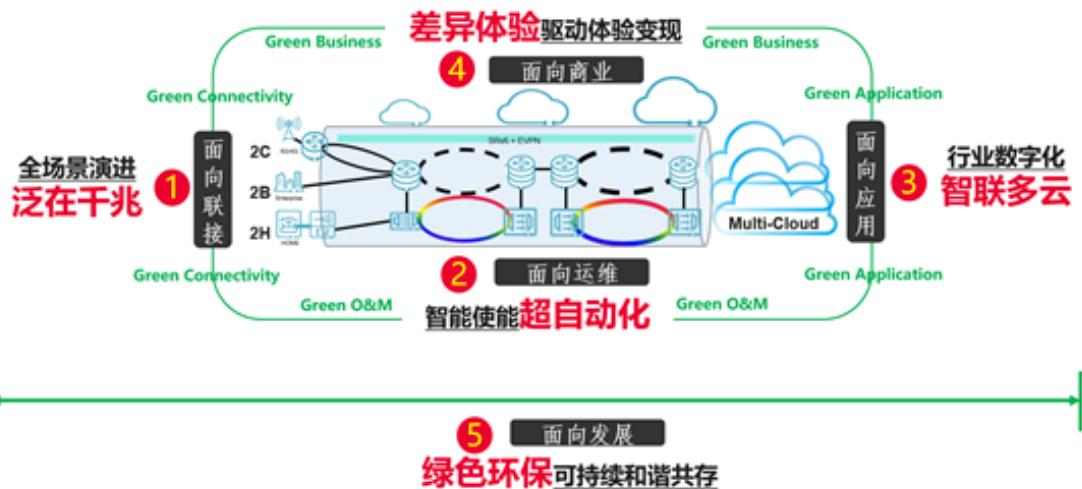
以“GUIDE 模型” 定义目标网 2025 架构



2-1

目标网 2025 的五大特征

基于以上驱动力分析和方法论归纳，我们总结运营商目标网 2025 应该具备以下的特征：



2-1-1 泛在千兆

展望 2025 年，知名市场调研公司 Omdia 指出下载速度低于 100 Mbit/s 的家庭宽带服务将会逐步退出市场，领先国家的平均下载速度将会超过 500 Mbit/s，当前主要国家 / 地区已有 300 多家服务提供商能提供至少 1Gbit/s 的下载速度。
到 2025 年，1Gbps 的家庭连接将成为新常态，消费者需要更个性化的服务。(IDC 白皮书，华为赞助，CSP 网络转型：2025 之旅，文档 #EUR147425621, 2021 年 2 月)

另外，Omdia 预计，到 2025 年全球将有超过 1.87 亿千兆宽带用户。目前不论是 VR、AR 等技术的发展，还是智能摄像机、无人机、工业相机向超高清演进，亦或是工业制造场景、户外检测及监测场景，都将千兆联接能力作为最基本需求。

在 5G 领域，聚焦上行能力、时延和定位等方面持续创新。例如，在智能制造

中高清视频回传场景中，引入超级上行 SUL 技术，实现上行 Gbps；在港口等远程操控类场景，通过预调度和 mini-slot 等特性引入，实现 20ms 低时延，将港口的吊机远程操控从全人工变为 90% 以上自动化；在智能制造场景，引入 UTDOA 和更大频谱带宽的使用，实现亚米级定位，进而全面提升制造园区的管理效率。

在智能 IP 领域，基于网元、网络和云端三层智能架构，使能运营商广域网络全面升级，实现一网多云、云网协同，保障差异化诉求，引领广域网络进入全业务智能时代。

在 F5G 智能全光网络领域，打造全光承载解决方案，满足多速率传输需求，大幅提升效率；打造全光数据中心互联解决方案，一键快速部署业务，即插即用，使光联接延伸至网络边缘，为每个人、每个家庭、每个组织带来极致的业务体验

2-1-2 超自动化

行业智能化的过程必然带来网络规模及复杂性增长。据互联网相关报道显示，引入 5G 等新技术后，联接的密度将提高 100 倍，参数设置将增加 10000 多个。这些都将导致联接网络运维管理难度加大。如何解决这一难题？联接必须引入大数据和智能，实现从人工运维到超自动化，从而降低决策复杂性并提高效率。

而基于智能技术实现的超自动化，不仅仅是对于简单重复性任务的自动化，而是会面向业务场景，以及各种不同业务场景下的差异化体验需求做出更加智能的适配，实现多任务的贯通，进而释放网络的生产力。超自动化的实现，必将使网络在全生命周期内构建 Self-X（自服务、自交付、自保障）的运营 / 运维能力，为用户提供 Zero-X（零等待、零接触、零故障）的极致体验。

零等待 Zero-Wait：从业务意图到网络的配置发布、交付和维护的，实现了端到端的自动化，打通了网络中不同的技术领域或层级之间的断点，帮助企业或运营商根据日益多变的业务需求获得所需网络服务体验。

零接触 Zero-Touch：网络设备的复杂性，加上数字经济中消费者和企业客户的多变性，导致网络的手工管理难度日益加大，特别是网络优化等场景下，多参数寻优的复杂度已经超越了人力所能及的范围。而智能使能的超自动化技术，能够基于不断进步的学习能力，逐步找到最优解，并基于分析结果自我调节。另外，网络的复杂性被网络的管控单元所屏蔽，网络的上层用户或平台不在需要耗费精力和时间去理解网络中不同设备类型、端口、协议等技术细节。

零故障 Zero-trouble：在 Mesh 化的网络中，网络的故障能够在发生的瞬间，甚至发生之前，被网络精准的感知或预测，并对故障进行回避或自我修复，这种修复将是基于 SLA 的调整，避免了上层业务的中断，用户全程无感知。

为了支撑全生命周期用户体验闭环，实现 Zero-X 的体验，超自动化的首先会被应用于单个领域闭环自治管理，并逐步实现跨层或跨域的大闭环。

2-1-3 智联多云

到 2022 年，公有云基础设施的支出将超过传统 IT 基础设施。到 2024 年，超过 75% 的企业将使用多云环境。（IDC 白皮书，华为赞助，CSP 网络转型：2025 之旅，#EUR147425621,2021 年 2 月）

基于应用属性、供应安全、可靠性、成本等多个方面的要素考虑，多云已经成为企业数字化的首选。目标网的智联多云特征，将支撑企业上多云的数字转型诉求。

“智联” 构筑的多云汇聚网络，帮助企业实现一线上多云，从订购到履约全电商

化体验。“智联”网络，在接入侧，可以最大化利用现有的 4G、5G 和 PON 的承载网络，同时通过 5G 专线加持，实现接入广覆盖，快速开通。在城域汇聚侧，在主流数据中心部署云 PE 节点，联接运营商 IDC、电信云数据中心和云商数据中心，实现数据中心之间的多云可达。“智联”网络通过 SDN、SRv6 等技术，实现全网跨域低时延自助选路，为企业提供可承诺 SLA 的专网服务。

目标网“多云”包括三朵云，分别是边缘 MEC，主权云和合作伙伴云。边缘 MEC 和合作伙伴云支持云间协同和调度，在边缘 MEC，主要为关键应用提供低时延的连接服务和部分计算服务。在合作伙伴云上，将提供更经济和更强的算力服务。与此同时，主权云将匹配各个国家的数字主权要求，为国家的“支付”“物流”“政务”等关键应用提供云服务。

“智联多云”将实现云网的协同和融合，通过多云聚合管理平台，实现云资源和网资源的统一运营和统一运维，形成一体化供给、一体化运营和一体化服务的体系。云管理平台和网络控制器，将开放各自的 API 接口供多云聚合管理平台调用，实现云调网，网调云，网随云动等能力，满足企业用户的多云需求。

2-1-4 差异体验

在未来的智能世界中，网络连接的主要对象是人与人、物与物。

面向消费者业务，由于其以消费娱乐为主的业务本质决定了尽力而为的网络服务模式已经可以满足其业务的基本诉求，如果运营商可以为 VIP 用户提供有差别的体验，用户也会愿意支付费用，其本质是一种更好的变现方式。

面向行业业务，大量应用场景在生产领域，而生产场景千差万别，比如，智慧城市需要大连接能力，智慧工厂需要低时延，云 VR 等技术则需要高带宽。面对

差异化的服务需求，差异化体验保障将成为这些智慧体构建的必选项。再比如，2019 年深圳机场日高峰时，平均 1 分钟起降 1.13 架飞机；电力系统需要承诺 5 个 9 的可靠性；华尔街的金融交易系统中，每一毫秒时延的增加，可能会带来超过一百万美元的经济损失。要做到面向如此复杂的行业应用场景和高可靠性，要求网络连接要面向不同的场景和行业应用，提供差异化的体验能力，实现网络价值最大化。所以面向 2025 的未来网络架构，差异化体验是其所必须具备的一个重要特，建议运营商通过边应用、边发现、边解决，逐步将端到端体验方案完善，并持续孵化网络能力。

2-1-5 绿色环保

据统计，全球 120 多个国家正在制定 2050 净零碳排放的立法进程，绿色环保，已经是与每个企业息息相关的社会话题和经济话题。运营商承担着政府绿色环保低功耗企业社会责任，绿色环保同时也是全球领先运营商的可持续发展战略之一，通过产品和技术创新，促进节能减排和循环经济发展，持续牵引产业链共建低碳社会。

面向 2025，云、边、端的数据不断增长推动运营商网络所承载的流量逐年上升，网络规模也会日趋庞大。随着全球 5G 网络的商用进程加速，这一趋势将会变得更加明显，这意味着运营商在规划网络和业务设计时，也需要像考虑数据和成本效率一样考虑能源效率。运营商目标网 2025 规划，建议在以下多个层面采用新技术来提高能源效率，目标实现“绿色联接、绿色运营、绿色商业和绿色应用”等。

在设备层面，“淘汰”一些老旧的网络设备和技术，以减少天线、基站、转发设备和机房的数量；通过部署全频段天线以减少空间、功率的要求和站点数量，从而显著降低网络总能耗；在站点中引入智能关断技术，通过人工智能技术来辅助运营商做出关断决策。

在站点能源层面，推荐采用模块化、高密电源、锂电、室外型自然散热刀片电源系统，并满足太阳能接入，实现系统效率提升和可再生能源应用。

在网络层面，部署 E2E 网络切片，实现一网多平面的综合承载，为特定行业、企业、应用和任务准确分配网络和计算资源，待任务结束切片资源便可立即释放，在其他地方重新投入使用，实现每 Bit 的网络利用率最大化。部署切片技术将以公网专用的方式，为各行业提供按需的专用虚拟网络，而无需过多地部署企业专有网络，避免资源消耗。

在数据中心层面，设计和建设大型数据中心时，考虑采用绿色环保措施而不损害其运营和电力可靠性之间的平衡。例如改善供暖（回收数据中心产生的废热）；采用先进的空气冷却和水冷技术，并部署密封的热通道或冷通道技术，大幅降低能耗；采用模块化的构建方法，在需要时部署更多的容量；使用太阳能和风力等可再生能源供电，来替代燃煤发电用电。

在运营层面，通过网络自动驾驶技术实现网络智能运维和远程运维，实现人均效率提升，来减少重复的人工劳动和出行需求。

在商业层面，提倡发展生态，例如通过多云合作来优化数据中心的建设、服务器的部署和应用程序的重复开发。

展望 2025，提高能源效率和改善能源管理的新技术会不断涌现，未来运营商可以采用这些技术来优化新能源管理，实现每个层面上的能耗节约和能源效率最大化，使网络更加节能、高效。

2-2

目标网 2025 的 GUIDE 模型

综上所述，我们将运营商目标网 2025 的典型特征定义为 GUIDE 模型，即：



GUIDE 是对面向目标网 2025 的探索，进入 5G 时代，用户对象、业务场景、产品和服务模式都在发生巨大的变化，传统消费互联网的业务模式已经不能满足消费互联网 + 生产型互联网业务模式的要求，运营商迫切需要探索出一条新的业务发展道路，GUIDE 应运而生，帮助运营商探索未来网络的发展，提前布局，做好规划，在 5G 时代能更好的支撑传统业务的同时，做强新业务领域的创新和孵化，持续发掘新的增长机会。

GUIDE 同时也希望通过架构层面的创新，来更好的帮助运营商解决其所面临结构性问题。尤其在 5G 时代，未来运营商的业务增长将主要依托于 ToB 业务的情况下，通过对网络能力的提前布局和规划，帮助运营商构筑面向 2025 行业数字化的领先优势，从而能在新业务领域打造先发优势。由于 ToB 行业本身的优势特点和森林效应明显，门槛较高，一旦进入行业生产系统，就很难被替换，而且会随着行业生产系统的新需求和升级换代，形成从需求到产品升级的内部循环，帮助运营商不断的打造和强化行业能力和属性。所以针对这些全新领域，要求在一开始就能够有足够的差异化优势。GUIDE 正是瞄准这些全新的要求，旨在通过目标网的方法论，从网络架构层面进行创新和规划，并持续挖掘做大运营商在新业务领域的差异化优势和能力，将选择的行业做成自己的优势领域，将发展的能力做到业界最强，从而帮助运营商在新的业务领域实现领先和绿色可持续发展。

—
3

目标网 2025 的规划及发展建议



3-1

无线网络规划及发展建议

3-1-1 2025 的移动网络需满足全业务需求

5G 不仅仅是通信技术的升级，更代表了新商业、新生态、新机遇。相比 4G，5G 业务更加多元化，需求也更加差异化。

预计到 2025 年，ToC 领域，所有屏幕都与手机发生关联，意味着人 / 车 / 家庭都将通过移动网络进行连接，手机将成为个人信息节点；ToB 领域，5G 将催生千行百业应用。

- **个人**：从低头读信息到抬头看世界，从高清分辨率手机到 AR/VR，预计到 2025 年将产生 62 亿互联网用户，3.37 亿 AR/VR 用户；未来 5 年，移动网络流量将增长 5-10 倍。
- **家庭**：手机成为信息的入口，电视大屏将重归家庭 C 位，手机将替代 DVD/ 机顶盒，手机 +3 屏（电视大屏 / 电脑 /PAD ）变为家庭社交信息中心。
- **汽车**：手机缺省与车相连；导航常开，不仅为了导航找路，更为提高效率；自动驾驶三层联动：公网 + 专网 + 自身传感器；无人机将成为会飞的互联网设备。
- **垂直行业**：包括安防 / 公交 / 电力 / 制造 / 煤炭 / 医疗 / 钢铁 / 教育 / 机场 / 水泥 / 油气 / 港口等行业，都将产生巨大的联接需求。

3-1-2 2025 的移动网络需满足全场景覆盖要求

移动网络将从地表、室内覆盖，走向地面、室内、地下（如矿井）、低空（如无人机）、航线、无人区域（沙漠 / 森林 / 海洋）的全场景覆盖。人的连接，需要一张连续覆盖的大带宽网络，能够提供跨代体验，并大幅降低 bit 成本；物的连接，同样需要一张普遍覆盖网络，支撑物联终端的海量连接；而行业连接则率先发生在局部场景，需要灵活大上行、低时延和高精度定位等能力按需进行部署。

3-1-3 面向 2025 的移动网络演进

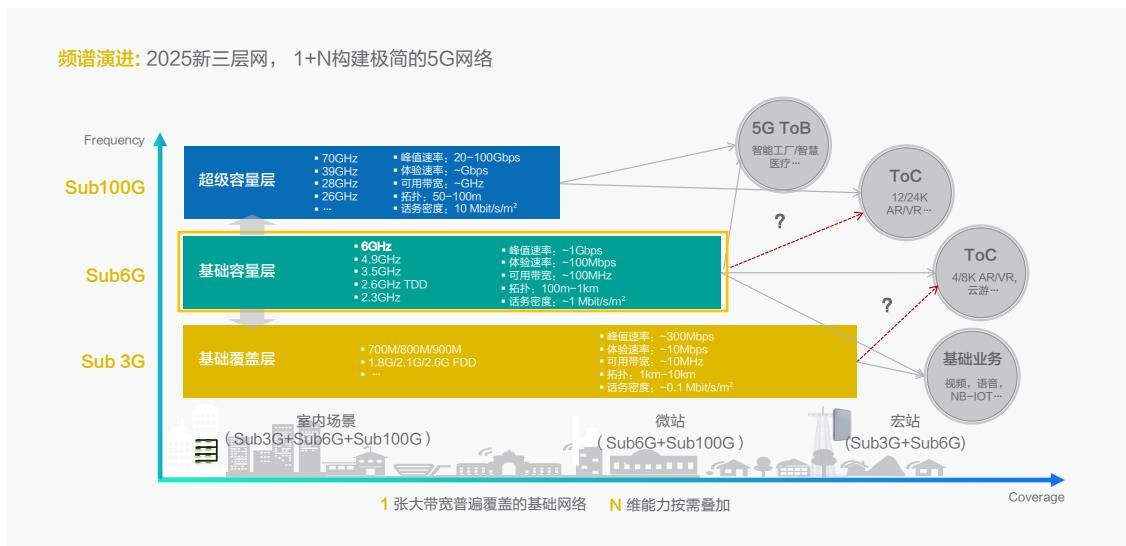
为满足未来全场景覆盖和全业务需求，移动网络需要从频谱，架构，站点等几个主要的维度，面向 2025 逐步进行演进：

频谱演进：

在 2025 年，移动网络将接入 100GHz 以下的所有频谱；为此，华为提出了新三层网的概念：Sub3G、Sub6G 和 Sub100G。Sub6G，包括 3.5/4.9/2.6Ghz 等 TDD 频谱，未来还会引入 6GHz，采用大带宽和 Massive MIMO 技术，作为基础容量和普遍覆盖层。Sub100G 和 Sub3G 将根据不同的业务需求按需进行部署。例如：超体验、超高热点等场景可以引入 mmWave。在上行带宽需求高的场景，Sub-3G 可以作为上行覆盖和容量的补充。广覆盖或深室内覆盖场景，可以使用 700/800/900MHz 等低频进行补充。综上所述，未来目标网络将是 1+N，即一张大带宽基础网络，实现无处不在的联接，按需部署 N 个频段，满足未来 5G 多样化场景化的业务需求。

下面举个广东移动 5G 智能制造的案例。传统的生产装备无法满足现代化企业效

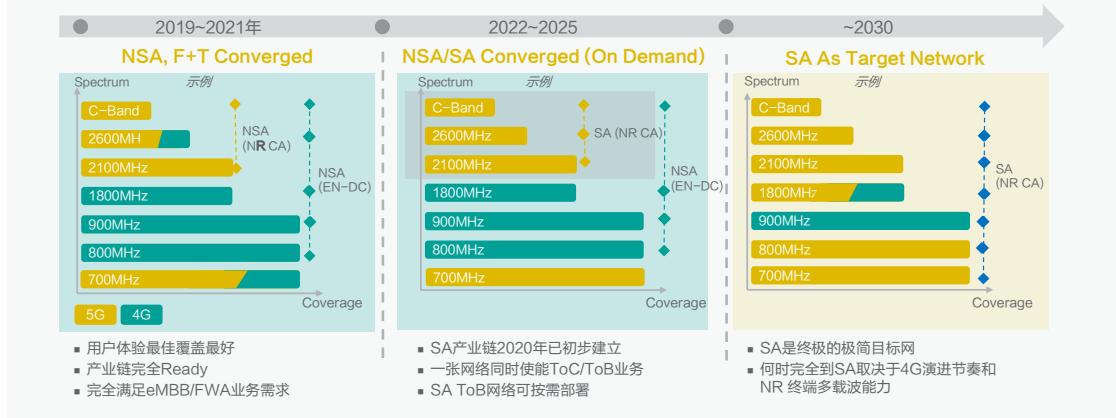
率提升的需求，南方工厂计划引入 5G 应用满足企业需求，提升生产效率。其中一个典型的应用是在手机生产车间引入机器视觉，用于检测物体形状、完整性和其他缺陷。机器视觉的应用产生超大上行流量并发，在几千平方米的车间范围内，上行话务密度要求超过 3Gbps。华为采用频段叠加，在 2.6GHz 基础上叠加 4.9GHz，甚至在未来还可叠加 2.3GHz，并通过 D-MIMO 技术使能 Smallcell 的超密部署，从而实现上行超密话务的需求。



架构演进:

架构演进的第一个趋势是 NSA/SA 融合。当前全球 5G 商用网络大多为 NSA 网络，NSA 可以提供最佳用户体验和最佳覆盖，全球生态系统已完全 Ready，可以满足 eMBB 和 FWA 的早期部署需求。而什么时候应该引入 SA 网络取决于终端成熟度和垂直行业需求。中国的三大运营商，在 2020 年已经开始部署融合 NSA/SA 网络，一张网络同时支持 BToC 和 BToB 业务。另外，由于部分商用 5G 终端只支持 NSA 连接，因此华为预测 NSA/SA 将长期共存。SA 是未来网络简化的目标架构。SA 架构下，上行吞吐量翻倍，时延更低，待机时间更长。我们预测 SA only 的网络架构将在 2025 年之后出现。

RAN架构演进:从普遍的NSA架构，过渡到ToB场景按需NSA/SA融合部署



无线架构的第二个趋势是 LTE-NR 协同。当前 5G 商用在加速，但据 GSMA 预测 LTE 将长期存在，4G 将在未来较长时间内发挥重要的作用。因此，通过有效的 LTE-NR 协同，最大化网络效率是全球运营商关注的焦点。LTE 和 NR 协同，最大化 4G 业务价值，如发展 VoLTE 为 5G 奠定语音基础，推动 NB-IoT 向 5G IoT 演进，当前阶段提供类 5G 的数据 & 视频业务等。LTE 和 NR 协同，最大化 4G 网络价值，包括采用 FDD DSS 平衡 4G 和 5G 用户体验，通过网络现代化提升 5G readiness 等。总之，面向 2025 年，通过 LTE-NR 的高效协同，最大化 4G 业务价值和网络价值。

网络架构演进: LTE-NR协同，最大化网络价值，成为5G时代MBB基础



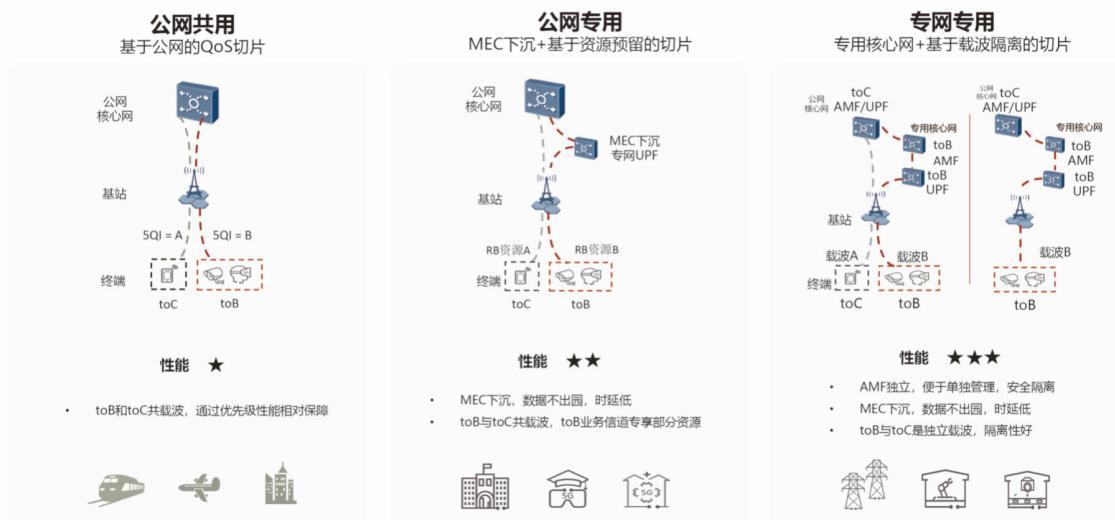
无线架构的第三个趋势是 BToB/BToC 协同。根据未来可能出现的应用场景，可以划分为三种应用模式：

模式一，基于 QoS 切片，ToB/ToC 公网共用，ToB/ToC 共载波，通过优先级提供性能的相对保障，如高铁，低空覆盖，企业专网等应用；

模式二，公网专用；基于资源预留的切片及 MEC 下沉，保证数据不出园区，确保业务时延更低。典型业务包括 5G 医疗，智慧警务，企业专网等；

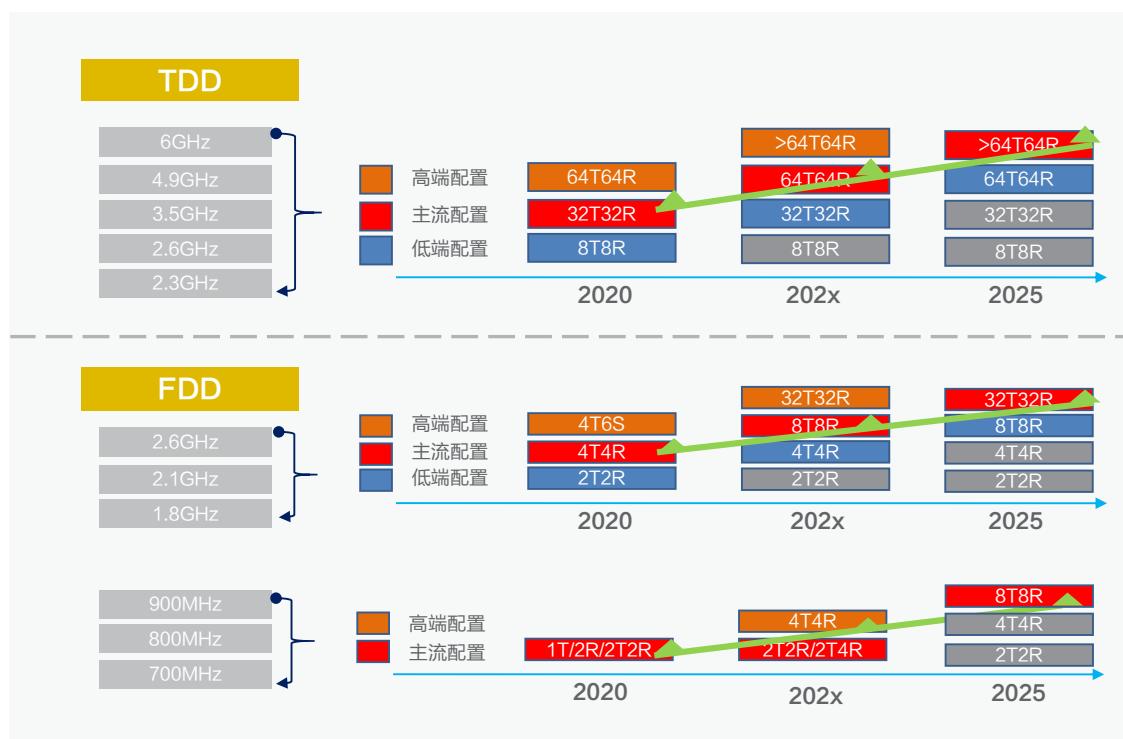
模式三，专网专用。通过专用的无线频谱资源，在限定区域内满足特定需求，如智能电网，智能制造，智慧煤矿等。

三种5GtoB网络架构，满足不同场景业务需求



站点演进：

到 2025 年，华为预测大多数国家和地区的移动流量将增长 5~10 倍。如何在不增加大量物理站点的前提下实现极致的网络容量？需要对现有站点持续演进来满足未来容量需求。包括未来低频段 700/800/900MHz 演进到 4T4R，中频段 1.8/2.1/2.6GHz 演进到 8T8R 甚至是 32T32R，C-band 从 64T 演进到更高阶 Massive MIMO。



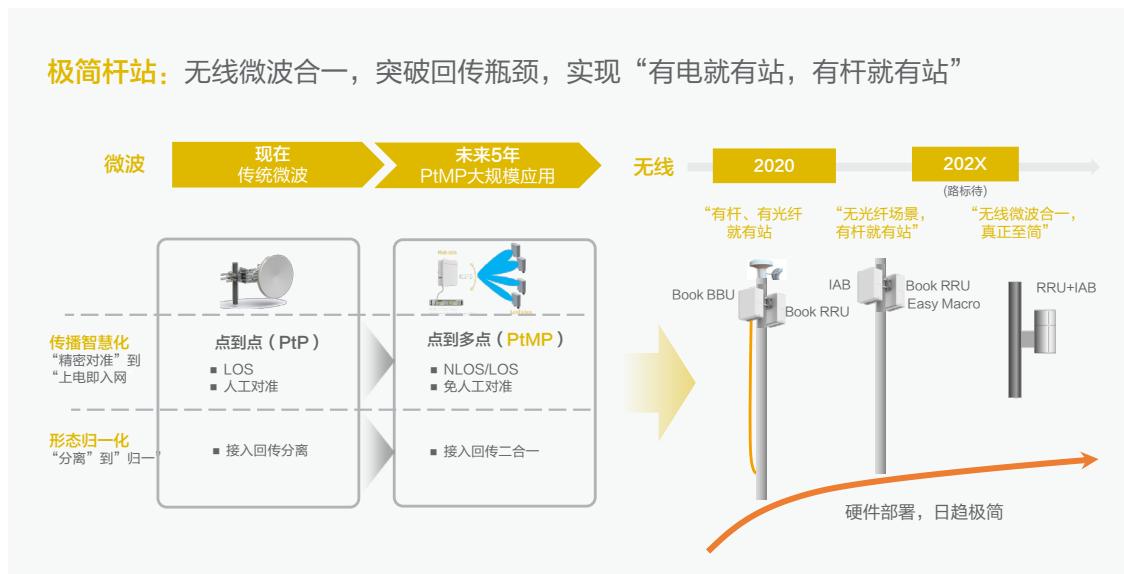
极致容量站点和极简站点并不矛盾，在提升站点容量能力的同时，如何进一步提升工程能力也是站点演进的关键考虑要素。天线部分：一根天线连接所有RRU，可以支持 Sub-3GHz 的所有无源天线。在射频方面，支持低频三频RRU 和中频三频RRU，支持双频 FDD Massive MIMO。

针对部分市场天面空间极度受限的场景，建议一个盒子可以支持 32T 或 64T 的 massive MIMO，同时包括 sub-3GHz 无源天线，真正实现 Sub-6GHz all in

one，解决单天面 5G Massive MIMO 的部署难题。



在宏基站基础覆盖的基础上，杆站能够在宏站建站困难的区域进行补盲吸热或者上行增强。极简杆站也是站点演进考虑的重点方向之一。传统的微波是 PtP，而 PtMP 微波（点到多点微波）在未来会得到广泛的应用。同时，IAB 使能无线和微波进行融合，IAB 杆站将成为未来的行业趋势。C 波段或毫米波的 IAB 适合无光纤场景，打破回传瓶颈，真正做到“一杆一站”，实现覆盖和容量的快速提升。



能源演进：

随着 5G 时代站点容量能力的不同提升，能源基础设将面临巨大挑战：第一，能耗高：5G 快速建设导致站点能耗翻倍增长，电费大量侵蚀运营商的利润，已经成为关键痛点；第二，建设周期长：5G 站址获取难，市电引入难，这两点已成为 5G 快速建设的瓶颈；第三，运维成本高：传统方式下，能源基础设施管理以传统动环监控为主，数字化程度低，导致运营效率低下，运维成本高企。

为应对以上挑战，建议能源目标网聚焦面向未来网络，以全面的数字化为基础，通过关键部件工程设计创新、数字化、智能控制技术应用，围绕极简、智能、绿色建设能源目标网。

在极简演进方面，采用模块化、高密电源、锂电，单柜支持面向未来目标网的极简演进，避免新增机柜。电源系统支持多种能源及电压制式，满足太阳能接入及应对 MEC 可能下沉到站点升级带来的 AC 供电需求，通过高密化设计实现站点一柜收容全站设备节省建设成本，同时引入智能运维系统远程管理提升运维效率。

对于站址获取难场景，建议采用室外型自然散热刀片电源、电池系统，实现站点免机柜建设节省工程成本及租金；无散热损耗，提升能源利用效率；全自然散热设计大幅降低运维频次，节省 OPEX。

在绿色能源方面，主要聚焦系统效率提升和可再生能源应用。

1) 站点叠光：华为预测 5G 时代会迎来太阳能在通信能源的规模应用，通过光伏 & 市电智能调度技术、光伏发电控制技术应用，可以进一步提升太阳能发电效率，加速绿色能源的规模应用。

2) 从室内到室外：当前仍有一定比例的站点为室内站，制冷系统消耗大量电力，导致站点能耗居高不下，通过室外化改造，可大幅降低制冷能耗，降低 OPEX。

3) 低效电源改造：在站点和核心机房当前仍存在大量低效老旧电源，电源效率低

于 90%，可通过 98% 高效电源替换改造，节省电源损耗，降低 OPEX。

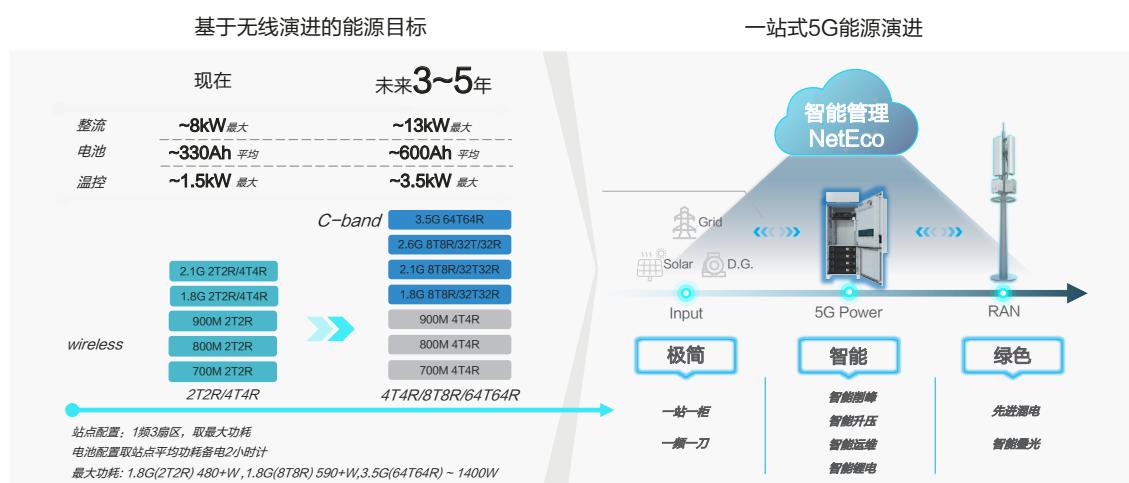
4) 可再生能源应用：对于差市电或无市电站点，传统方案普遍采用双油机发电，铅酸电池储电，系统效率低。针对这种场景建议采用一体化设计，引入太阳能、高性能循环锂电，融入智能算法提升系统效率，降低油耗和运维成本。

5) 系统协同效率提升：通过系统间的联动调度可实现更高的系统效率。例如 AAU 同电源联动，站点供电同业务联动，按需供电实现 ECT (energy consumption per traffic) 最低；智能技术引入，根据站点温度、湿度、能源状态、业务状态实时调整系统运行参数，达到系统效率最高。

通过能源目标网演进，最终实现：

- 5G 通信能源极简部署、极简运维、极简演进
- 提升资源利用效率，减少市电、线缆等周边设施改造；
- 提升能源利用效率、降低能耗成本。

面向5G目标网，一站式部署满足未来3-5年演进



面向 2025 年，需要构建一张大带宽普遍覆盖的无线网络，以满足人和物的海量

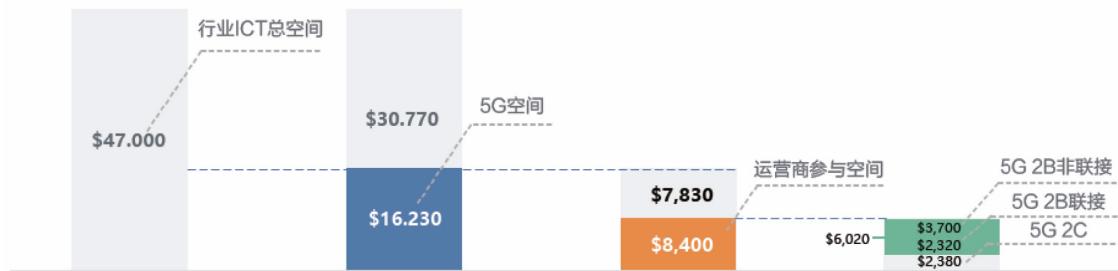
连接需求；同时，需要提供一张差异化能力的网络，满足不同行业的连接需求。通过构建“1+N”极简网络，打造一张 NSA/SA，LTE-NR，ToB/ToC 高效协同和深度融合的网络，真正满足面向 2025 的全场景覆盖需求和全业务承载需求。

3-2 核心网规划及发展建议

5G 以其独特的技术优势，赋能千行百业，成为行业数字化的关键生产力，成为数字经济的新擎。据 Keystone Strategy & Huawei SPO Lab 预测，预计 2025 年全球与 ICT 相关的行业数字化收入将达到 4.7 万亿美元，其中 5G 相关的市场总空间超过 1.6 万亿美元，而运营商可参与的部分占比超过了 50% 达到 8400 亿美元，而运营商 5G toB 市场就高达 6020 亿美金。5G toB 给运营商带来了新的增长空间，将 5G 的大带宽，低时延，广联接的技术优势与各行各业的生产场景进行融合，将会诞生千千万万的 5G 新应用，加速网络价值的释放，产生巨大经济和社会价值。

核心网作为在运营商网络中唯一感知业务、感知用户、进行全网资源协同支配的“核心”，可通过分布式边缘计算（MEC）将网络能力下沉到边缘行业内部，其建网思路和方案就尤为重要。

2025年ICT总投资4.7万亿，运营商可参与5G空间占比18%
(单位：亿美金)



3-2-1 核心网新挑战

3.2.1.1 网络可靠及稳定性：

电信及 5G 业务对现有 IT 数据中心 (DataCenter, DC) 和基础设施在可靠性方面提出了更高要求, 电信云系统由服务器、存储、网络和云操作系统多部件构成, 涉障节点多, 潜在故障率更高, 电信级“5 个 9”的可靠性需要针对性的优化方案。部分敏感的业务对网络的确定性低时延、安全可靠提出更高的要求, 甚至高达到“6 个 9”。

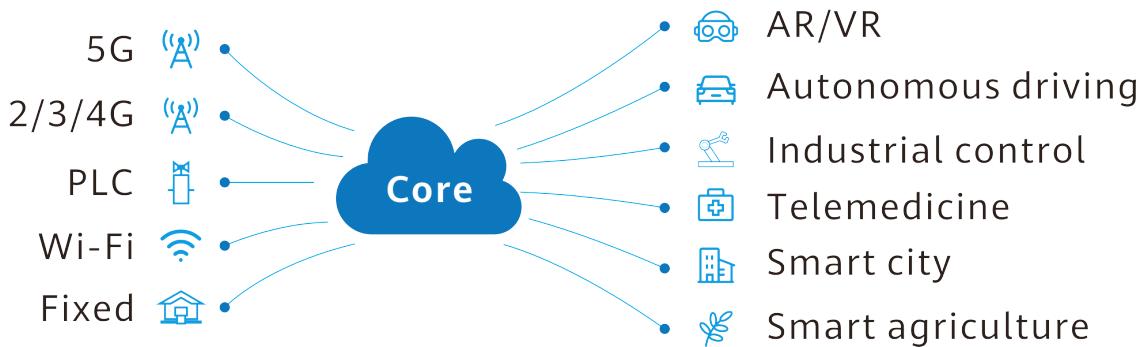
3.2.1.2 网络云化能力：

网随流动, 资源灵活申请及释放可以大大提升资源利用率和网络灵活性。故 Cloud Native 是所有方案的基石。与传统行业市场“专线专用”不同, Cloud Native 的 5G 移动网络基于云化微服务、灵活的资源可编排等特性实现按需调度的“虚拟化专网”。而 Cloud Native 所提供的微服务、容器等技术使得整个网络更具有可靠性、灵活性, 业务部署更敏捷。在传统网络中, 可靠性极大的依赖于对硬件资源的独占。但在全云化的系统中, 运营商可以通过“主机组硬件(HA) 隔离”、“虚拟资源池 (VDC 或 VPC) 隔离”、“网络切片隔离”、“共享资源”等多级多种方式对 SLA 进行差异化的定义及动态的调整。

云化的基础设施也是 5G 确定性网络的重要组成部分。由于行业场景的部署环境可能比较复杂, 对功能和性能也有行业独特的要求, 因此传统的行业网络往往采用专用硬件和专用协议栈, 但专用方案不具备通用和可扩展性, 成本往往很高。因此 5GDN 需要采用云化的基础设施来应对部署环境及上层应用的多样性, 实现 5G 网络一网多用。

3.2.1.3 业务全融合：

5G 的网络中不可避免的会涉及到原有的 2/3/4G 终端和业务，5G 核心网必须是能够支持所有接入制式的全融合网络。此外，由于部分行业应用中对于语音及消息类业务有着很高的依赖性，因此全融合的语音网络以及高效的话音编解码能力也非常重要。



3.2.1.4 边缘计算与行业应用：

行业应用不仅在不同行业间对 5G 联接的能力诉求存在巨大差异，行业内的不同应用场景也是如此。比如工业互联网，园区视频监控场景更强调上行带宽(eMBB)和摄像头部署密度 (mMTC)，而工业控制则需要确定性时延的联接控制能力 (uRLLC)。而同样存在低时延诉求的云游戏场景和赛事直播场景，对时延的具体要求也不一样：云游戏 RTT<20ms，赛事场馆直播从摄像头采集到编辑后播放，时延 <800ms。

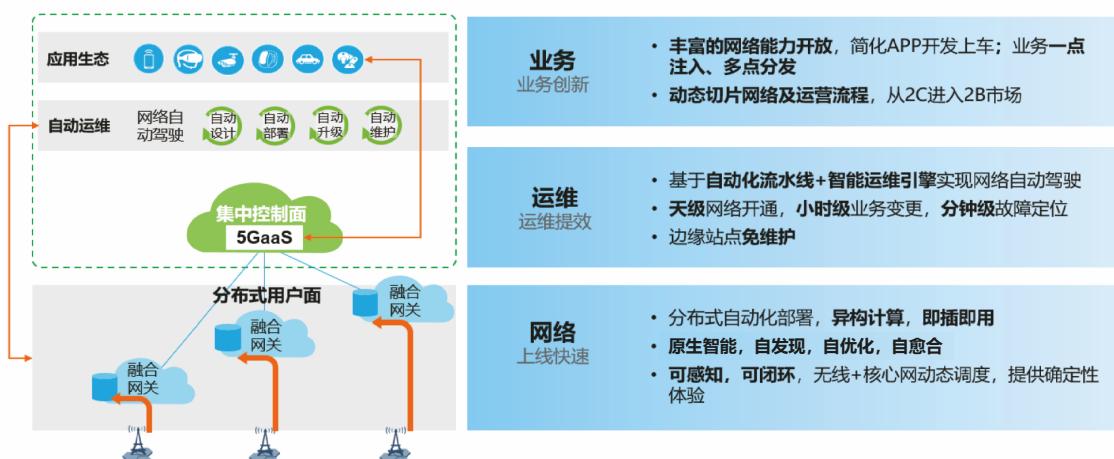
确定性网络是指确定的带宽，速率，抖动，时延，可用性等网络性能，以及安全隔离诉求。在特定的生产和生活场景中，确定性的联接能力才能产生价值，比如：智慧医疗中，入院前急救场景的数据回传要求不低于 30Mbps 的上行带宽，和小于 50ms 的网络时延。从部署角度来看，对于广域应用场景，往往重用运营商的广域网络来提供不同要求的联接能力，对于局域应用场景，除了重用广域网络

以降低成本外，行业会出于安全隔离等诉求，也会考虑选择建设自己的局域 / 专网 5G 网络，来提供不同要求的确定性联接能力。

边缘计算 MEC 是网络联接能力和行业应用的结合点，一方面，MEC 要能方便得让第三方行业应用上车、部署和管理；另一方面，5G 联接能力和行业应用之间要产生协同，提升业务体验。

3.2.1.5 全自动及运维：

网络能力将成为资源，需要具备自动化能力。网络切片作为 5G 核心网的主要呈现方式之一需要整个网络的部署、开通、运维等具备极高的自动化能力。运营商在传统网络中的工单式流程模式已经不能满足行业业务的高效开展，因此必须通过 portal 方式将相应的自主权交给行业客户。每个行业用户通过网上商城模式定制并购买所需要的切片，随后通过一键式开通，远程运维的模式对切片网络自行管理。例如对重大事件的视频直播业务，媒体公司无需提前布线，只要提前在运营商门户网站对特定区域特定时间内购买切片资源，就可以在现场进行采访、拍摄，并通过 5G 网络高效的将视频传送到导播系统。



3-2-2 核心网未来关键特征

3.2.2.1 持续提升可靠性及业务稳定性

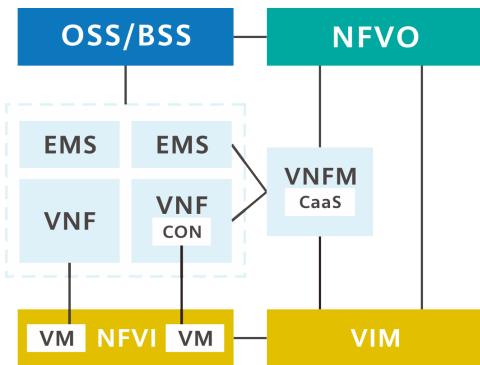
电信级的业务对数据中心的可靠性提出了更高要求，因为 NFV 系统较传统系统的业务节点更多，潜在的故障点和风险系数提高。IT 设计需要通过构建 VNF 系统多级容灾、备份体系来构建电信级高可靠性，应对运营挑战。

- **IT 级容灾：**单数据中心支持硬件多路径，多可用区 (AZ)，提升单 DC 可靠性。每个可用域都配备独立的供电和网络，当 DC 内单 AZ 出现故障的时候，业务可以快速切到另一个 AZ。
- **网元级容灾：**采用多路架构应对多点故障，提升 VNF 可靠性。采用状态数据与业务处理解耦的无状态设计，即使系统内多虚机同时故障，也能将业务快速切换到剩余的虚机上，从容应对多服务器故障；开展 A/B 测试，提供敏捷业务发布，降低现网商用风险。
- **网络级容灾：**跨 DC 网元间 Pool，提升网络可靠性。当单 DC，单虚拟网元功能 VNF 故障时，业务快速切换到其他 DC 的 VNF，保证业务可用；通过业务与多 DC 并联，达到业务的电信级高可靠性。

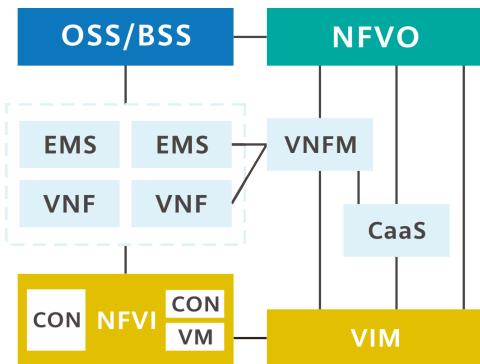
3.2.2.2 容器与弹性网络

5G 核心网服务化架构基于微服务设计，网络服务的粒度更细，容器技术是实现业务灵活编排和按需功能调用所必需的云化 NFV 平台能力。但是，当前 NFV 技术标准基于 Hypervisor、以支持虚机部署为主，因此 5G 核心网部署初期，可采用虚机容器方案。考虑到 5G 核心网 VNF 对性能的要求，容器一般是嵌入在厂家提供的 VNF 内。容器管理功能 CaaS (Container as a Service) 嵌入在 VNFM 内，NFVO 不感知容器的存在。这一方案的好处是可直接使用 ETSI

NFV 现有架构，无需改造。各个容器共享所属虚机的 Guest OS 内核，而不需要获取 Host OS 的管理权限。同时，虚机的使用能兼顾资源隔离性和安全性，比较适合核心网这种规模较大，任务密集型的网络功能。



待容器平台运行稳定后，有必要将厂家 VNF 内部的容器实现对外暴露，便于运营商逐步规范容器应用框架和优化 5G 核心网微服务架构方案。在容器虚机方案的基础上，引入独立部署 CaaS 平台对容器资源进行管理调度，统一对外提供容器的调用接口。基于 CaaS 平台，VNF 由容器构成，以容器粒度进行资源管理编排调度。容器可以使用虚机容器、裸机容器两种方式进行部署，有利于逐渐将 MANO 对生命周期的管理以虚机为单位转向以容器为单位，全面获取容器性能损耗小、启动速度快、可敏捷开发部署的增益。



5G 核心网的演进将进一步打破网元界限，将网络功能解构为服务，以服务为基础进行调度编排、资源配置。在虚拟化资源层通过软件化开放接口，能够组织各种网络服务提供业务，旨在构建 NFV 统一应用生态。未来基础设施将更贴近云化架构：CaaS 对容器服务进行管理，IaaS 为 CaaS 提供虚机或裸机资源，IaaS/CaaS 平台对接通用的云架构。待 CaaS 标准化成熟后，不仅有利于敏捷开发部署，快速响应业务的频繁迭代变更，而且可以利用成熟的 IT 解决方案，促成 ICT 的深入融合，有利于推动产业共同进步繁荣。

3.2.2.3 切片部署与柔性能力

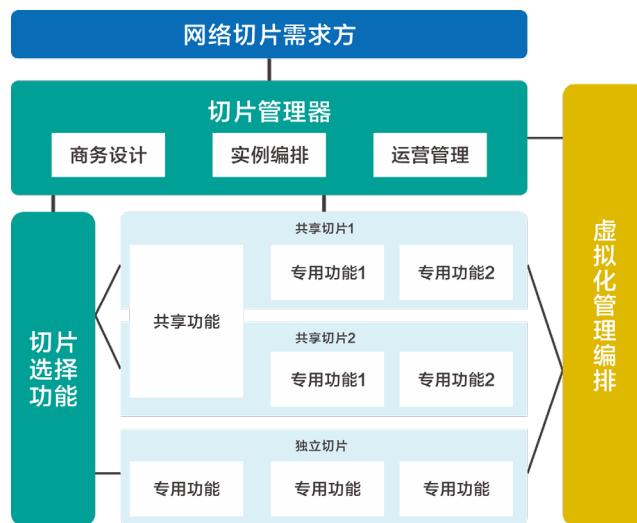
网络切片需要具备按需设计、自动部署、SLA 保障、智能化分析预测、安全隔离以及租户可管可控等关键运营能力，以引导垂直行业选择切片开展应用创新，拓展全新运营模式。

初期切片运营，多厂商管理以及 NFVO 都在建设中，云平台可以根据租户关键性需求，先上线 5G 核心网子切片，实现网络服务 (NS) 快速部署与业务配置激活等切片功能，并利用分层 SLA 指标以及跨层根因定位来提供运维保障。随着面向垂直行业的增强架构标准和云平台切片运维配套功能的逐步完善，租户在切片运行过程中也愈发明晰组网、架构和资源用量需求，最终将形成以网络切片为单位的信息基础设施运营模式，充分发挥 5G 核心网和云化 NFV 平台敏捷服务提供的能力。

切片本质上是运营商提供给租户的逻辑专网，租户定制的网络、计算和存储资源节点布放其间。一个完整的切片上可能既有运营商提供的网络功能，也有租户定制开发的网络功能，因此必须将用户关注的信息从不同层面和不同网络域中加以整合提取和集中呈现，实现租户对切片的可视、可管、可控、可编排。在传统的运营商视图基础上，需要为切片租户的运维人员提供租户运维视图，其内容是对运营商运维业务级视图、网络级视图、网元级视图和用户终端视图基础上的二次

定制，包括关键业务 KPI 指标、终端接入信息、套餐化配置、关键事件提醒（如成功率、故障，配额，费用等）。

一个网络切片将构成一个端到端的逻辑网络，按切片需求方的需求灵活地提供一种或多种网络服务，故其接口的开放性也十分重要。如下图所示，接口开放性将联动需求，管理，部署，编排等多个步骤。



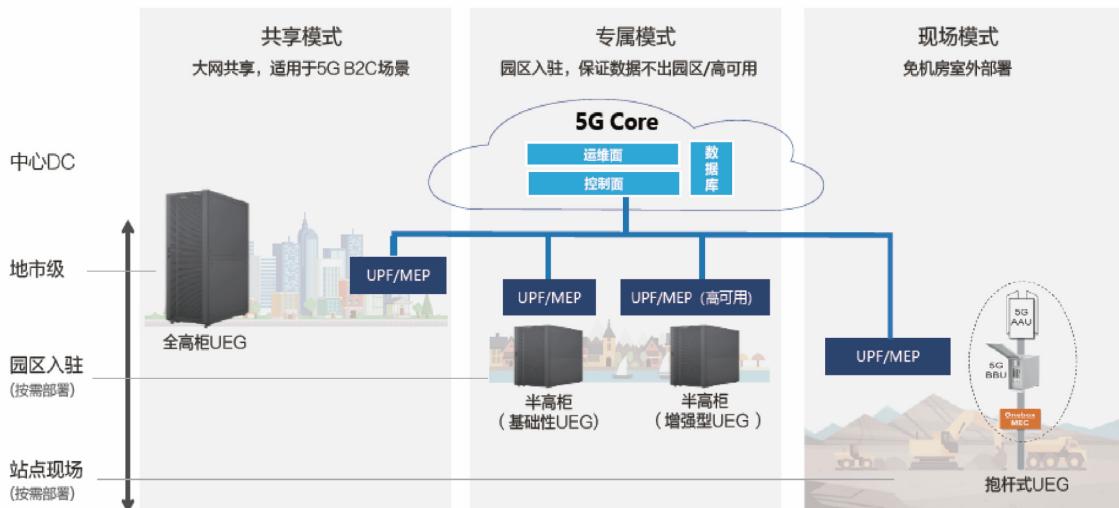
3.2.2.4 MEC 多样化及部署自动化

在行业应用场景，对数据安全和自主管理有较高的要求。他们会要求单独建设一套 5G 网络，包含独立的接入网、承载网及核心网；用户接入使用专用的卡号，业务鉴权也在本地闭环。这时专网的业务和大网完全分离，相互不受影响。这样的部署模式适合特定业务场景，比如工业互联网场景。

还有一类业务场景要求实现资源独占和建设成本的平衡。比如，大部分的园区场景，企业均要求数据业务不能出园区，因此会选择部分共享的建设模式，即，单独在园区内部署独立的核心网用户面。但是无线接入网、承载网、以及核心网控制面都和大网共享。

为了提升运营商粘性，MEC 引入是最好的选择。边缘计算 MEC 的部署位置一方面取决于网络共享 / 独占模式，另一方面取决于业务对时延的要求。地市级别的部署位置相对最高，机房条件最好。建议选用全高柜 UEG 部署 5G 大网的用户面，针对 BToC 场景下的对时延不敏感的部分场景，比如：高清视频、VR 视频等。园区级别一般部署在企业园区，兼顾数据不出园区和业务时延的诉求，比如：工业视觉检测、工业控制等。不同园区的机房条件相差较大，MEC 的部署形态需考虑和 IT 类设备对齐。

现场级别部署在极度边缘，适用于部署条件苛刻，同时对时延特别敏感的业务。比如：赛事直播、应急通信等，可以考虑轻量化抱杆式 UEG 免线缆、免空调，可以直接安放在基站的杆上，方便部署。无论哪种产品形态，均支持预安装快速部署，轻量化部署，支持远程集中运维和资源冗余高可靠方案。

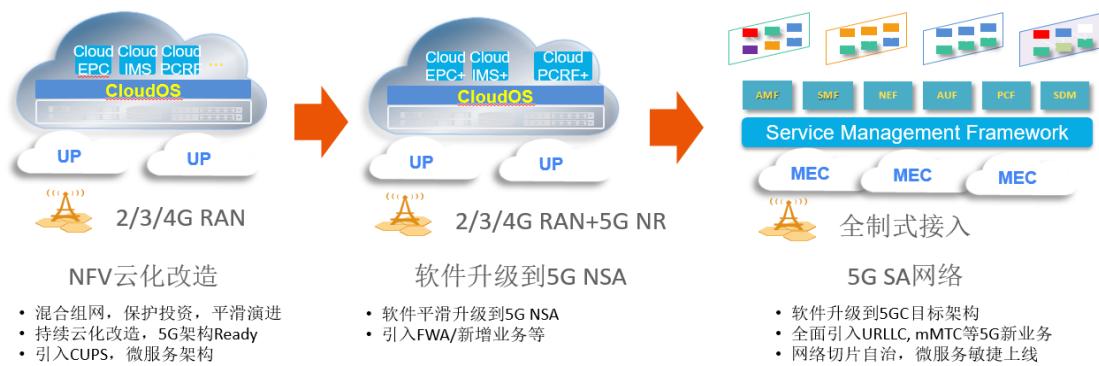


边缘业务的海量、高密部署与业务的实时多变必然会导致网络 OpeX 的大幅提升，须由远程运维、一键式部署的自动化能力来降低业务部署中的人工参与，使 MEC 边缘应用做到即插即用，网络随着业务需求变化而自动改变。同时，通过中心和边缘分级运维，使得运营商在中心侧能对边缘网络和云基础设施进行统一

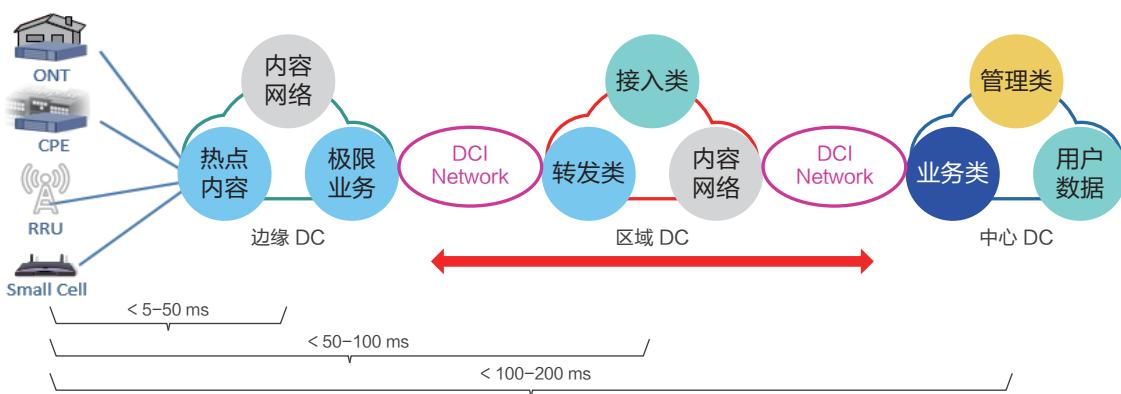
管理，而企业本地侧只对本地应用进行统一管理，从而简化边缘运维。

3-2-3 核心网规划部署建议

核心网建设需要按照节奏有序进行，逐步完成云化及网络架构的转变。目前业界运营商主要采取下面的步骤进行部署。一方面强化云化的改造，逐步转移投资重点。另一方面，积极尝试 5G 等新功能，新特性，保证概念到组网的落地。

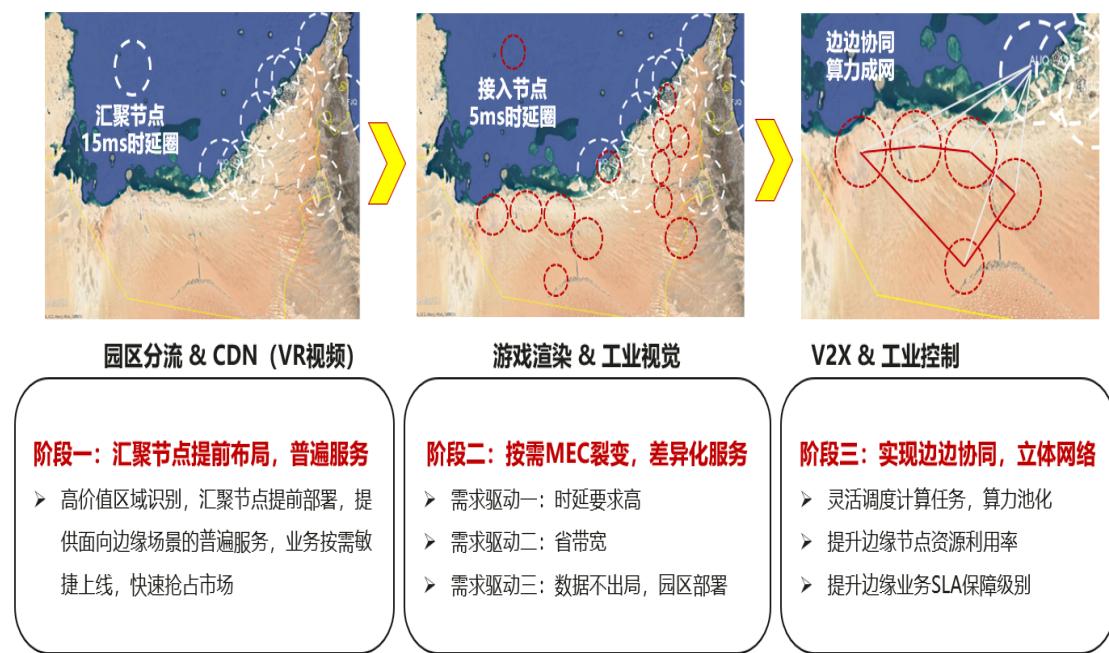


在架构及选址方面，如 3GPP, ETSI 定义，业务最新体验等描述，不同业务对于时延有不同的诉求。基于此结合 DC 布放和网元类型，如下图展示了网元类型与 DC 布放的关系：



- 中心 DC: 管理类, 注册类等网元, 管理用户的注册流程, 时延不敏感, 通常 100–200ms 均可以接受。
- 区域 DC: 转发类, 及接入类网元, 处理 MBB 等流量, 通常时延为 50–100ms
- 边缘 DC: 布放灵活, 伴随业务诉求时延范围较大, 时延 5–50ms。随着低时延业务诉求的增多, 其将是后续网络发展的重点, 去满足价值区域的覆盖。

而对于 MEC 新业务的诉求, 在保证接入性的同时, 需要考虑移动性。面向 2025 业务的诉求, 边缘 DC 的布放节奏及阶段建议:



3-3

固定网络规划及发展建议

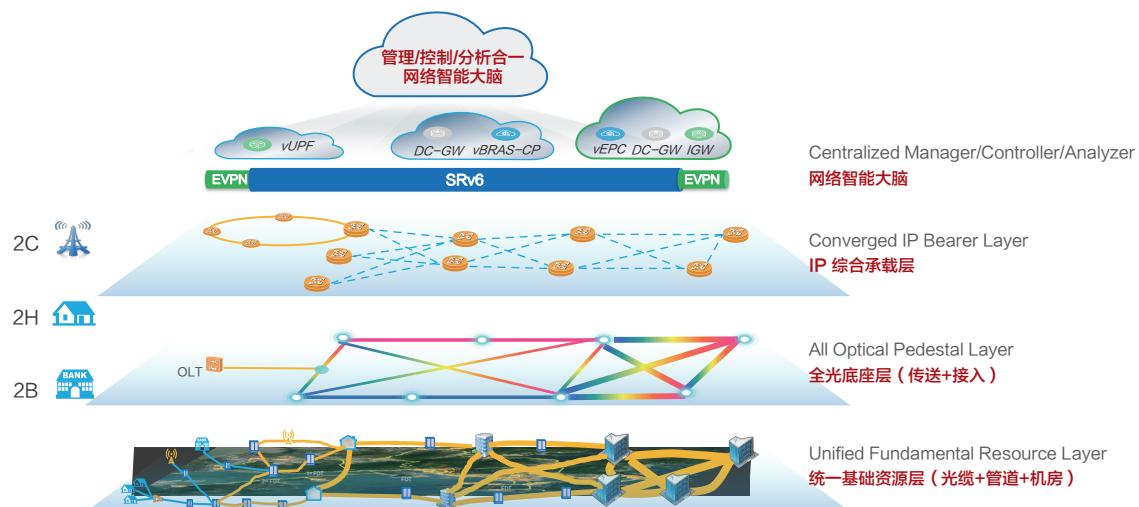
电信业高速发展至今，同业竞争日益剧烈，还有来自 OTT 的跨域竞争，除了业务创新，对承载网，也需要网络更加智能、架构更加简洁、组网更加灵活、更具扩展性。此外，面对多业务承载的竞争压力，需要有每比特成本最优的统一接入方式。

此外，随着新型业务应用的不断涌现，特别是 4K、AR/VR 为代表的高速、大容量、低时延业务应用，对承载网在技术上提出了新的需求，总的来说，未来承载网有以下几个特点：

- 满足 ToC（基站回传业务）、ToB（企业业务）、ToH（家庭宽带业务）的多业务的快速高效接入和承载；
- 满足不同业务类型的不同 SLA 需求，特别是以 4K/AR/VR 为代表的视频业务的高效承载，满足大带宽、低时延、低丢包的极致业务体验；
- IP+ 光极简网络架构，支持高速、大带宽、长距的高效传送，同时满足敏捷、灵活、多颗粒、多 SLA 的业务承载能力，并保证业务的高可靠性；
- 统一的基础资源层，包括局房（CO）、管道及光缆、以及光交 / 分纤点，实现对于 ToB/ToC/ToH 的统一综合接入，支撑 IP+ 光设备网络的高效组网结构；
- 面向 5G 和云时代，满足云 DC 的高效互联和分级分布式下沉部署，满足业务的高效快速入云及上云体验；
- 未来的承载网必定有一个统一集中的智能大脑，基于 SDN，实现业务发放、管理、控制、运行和维护的各种智能；

3-3-1 承载网目标架构

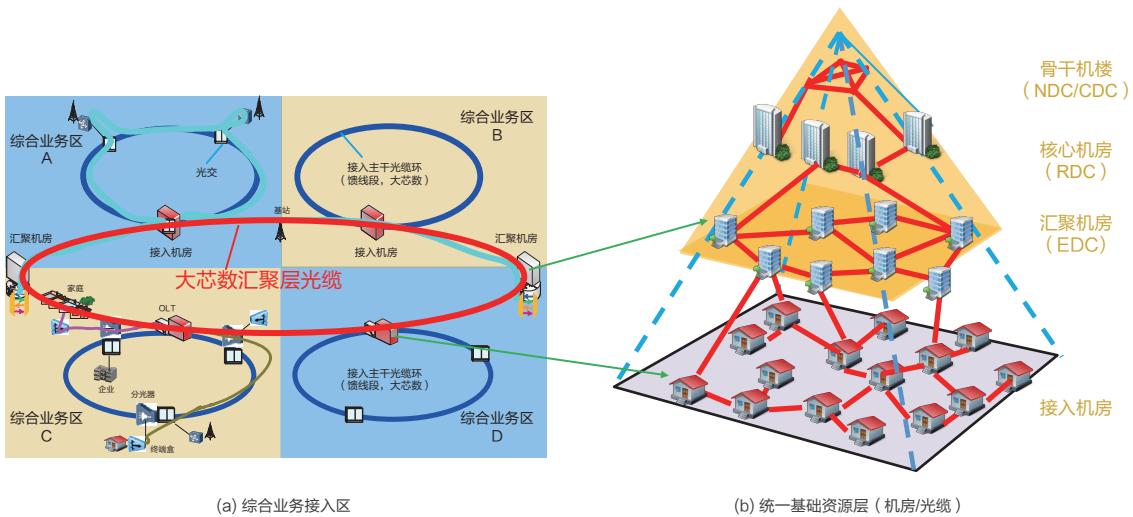
针对以上未来综合承载网的特点，参考全球大多数领先运营商成功实践经验，面向 5G 和云时代的目标网络架构如下图所示：



上述架构，自底向上，分别由统一的基础资源层、高速智能光网络层、灵活的 IP 承载层、集中的智能管理 / 控制 / 分析层构成。

3.3.1.1 统一基础资源层

由干线光缆、骨干机房、城域机房、城域光缆网、接入层的综合业务区构成，负责对其上的光网络层提供统一的基础资源承载。核心骨干机房应考虑空间、供电、承重、出局光缆路由以及业务安全备份等因素。干线光缆，应保证环型拓扑，在关键业务节点间（例如 P 节点），应形成 mesh 结构。城域核心层，光缆网尽量做到 mesh 结构。城域汇聚层，以环型组网为主，兼顾 mesh 结构。接入层，考虑基站、企业、家宽业务的综合接入，应规划综合业务接入区，做到 CO 机房、管道、光缆统一规划，从而做到 3 类业务的灵活、快速、高效、可扩展的接入，且总体 TCO 最优；



对于接入层网络，随着海量终端用户的接入，对于总体建网成本、设备（CO 侧以及用户侧）占 TCO 很小比例。而基础资源网络（局房、管道、光缆等），占据越来越高的比重。以家宽业务为例，随着视频逐步走向 4K/AR/VR，大带宽高品质的网络接入需求，使得基于 PON 的 FTTH 接入已成为主流。而 FTTH 覆盖的末端光纤网络，也就是光分配网络 ODN，占据了投资的主体部分，甚至高达 80% 以上（在路权获取困难 RoW，OSP 成本高企的场合）。

所以，对于 FMC 网络，考虑基础资源网络的综合接入，统筹建设，我们称之为综合业务接入区（图 3-2 所示）。具体而言：

综合业务接入区：是指为满足基站接入、企业专线、家庭宽带等业务接入需求，结合行政区域、自然区划、路网结构和客户分布，将城市区域划分成多个能独立完成全业务接入和收敛的区域。每综合业务接入区应包括 1~2 个接入机房、1 个主干接入光缆环、若干分纤点。

接入机房：或称为多业务节点。通常会放置 OLT、IP RAN、OTN 等设备，负责对家宽、企业业务的接入和收敛。原则上，每综合业务接入区应设置 1~2 个接入机房。

主干接入光缆环：是指接入机房至分纤点之间的光缆，主要是完成接入机房至多个物理接入节点之间公共路由上光缆的集中化部署，减少管孔资源消耗，降低建设成本。

分纤点：是指为实现客户业务快速、便捷接入，而在光缆路由上设置的具备纤芯调度和配纤功能的光缆网络节点。室外主要为光交接箱，室内主要为 ODF 架。分纤点设置尽量靠近目标用户分布中心，面向明确的覆盖对象。

综合业务区的建设，其本质就是考虑基础资源网络的网格化。网格的大小取决于该区域内 3 类业务的用户密度，从而确保平均每用户的接入线缆长度达到成本最优；接入机房 / 多业务节点（Multi-Service Node），负责网络内的多业务的汇聚收敛；而主干光缆环、分纤点的设置，则最大限度考虑了多业务接入的光缆线路资源的共享建设；最终末端接入光缆，则根据用户发展情况灵活接入、高效扩展，最大限度降低业务开通时间，保证投资有效性。

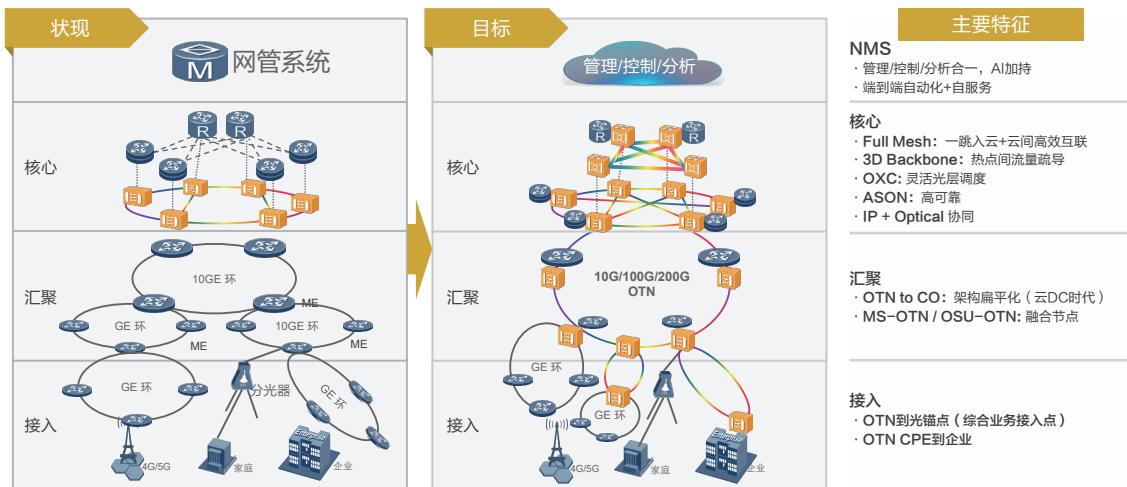
具体的部署节奏上，可以针对高价值区域（密集城区、发达乡镇、工业园区、商业楼宇）等先开展，对于一般城域、郊区、农村，可以根据业务发展的进度（渗透率）逐步推进，扩大覆盖。

3.3.1.2 全光底座层

传送目标网

由骨干 OTN、城域 OTN 构成，在骨干 CO、城域 CO 间，构建起高速（单波 200G~1T）、大容量（SuperC 120 波）、长距离、mesh 化的灵活调度的高效传送层。根据需要，结合 DC 下沉以及 vBNG/vCPE 的部署节奏，OTN 可以下沉到相应的网络层面（AGG、ACC 以及 SubCO）。其中对于高等级大颗粒的企业业务以及 Wholesale 业务，可以直接考虑 OTN 的接入。开通 SDN，保证光网络业务提供、管理、TE、及业务保护恢复等各种智能。城域汇聚层以上，

光网络应与 IP 网络协同规划，保证业务承载高效高质。



如图所示，传送目标网 2025 的架构示意图：

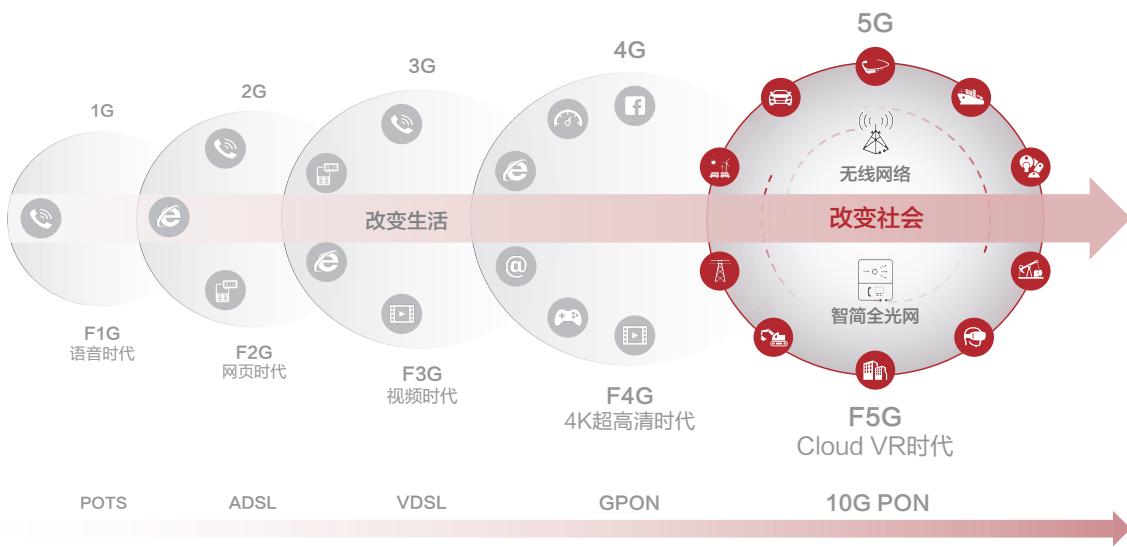
核心层：基于 Full-Mesh 的物理拓扑构建 OTN 的 DCI，支持云 DC 之间的一跳直达；在热点核心节点上，构建 3D Backbone，并通过全光交叉 OXC，实现光层波长通道的高效灵活调度和业务疏导；基于 ASON2.0，实现光层超大规模的 99.999% 的高可靠性、快速保护倒换。

汇聚层：根据业务量的驱动，逐步下沉 OTN 至 CO 机房，构建起扁平化的网络结构，使能云 DC 的分级分布式下沉，以及南北向业务量的灵活可扩展；通过 MS-OTN/OSU-OTN，构建统一融合的多交换方式、灵活的多颗粒度、高 SLA 要求的企业业务接入和承载。

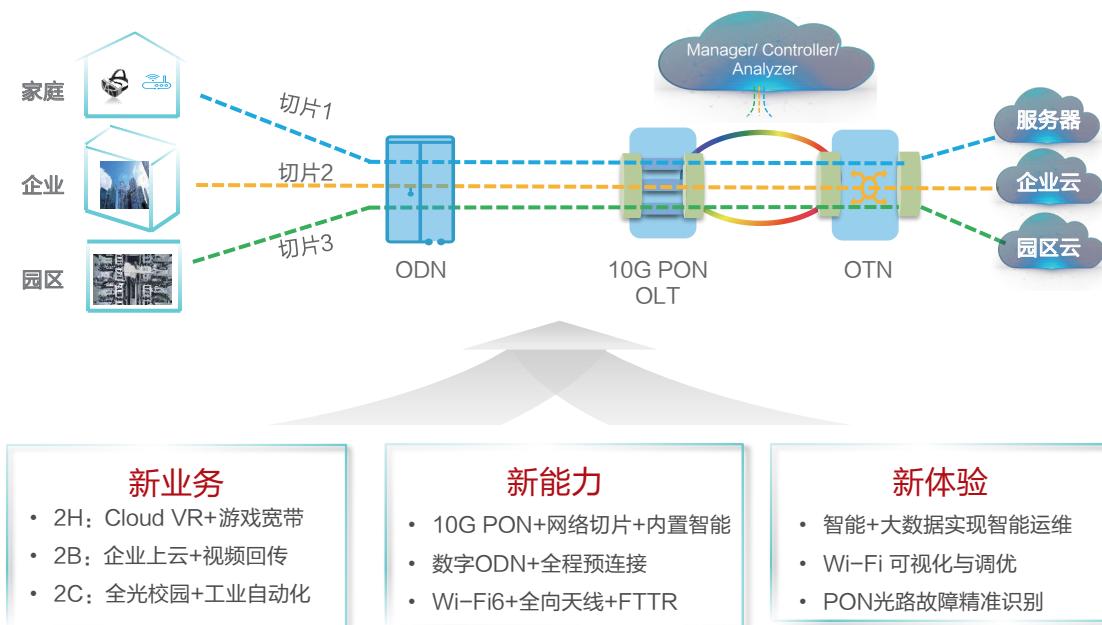
接入层：根据全业务的发展，OTN 逐步下沉到综合业务接入节点（Sub-CO），实现综合业务区内 2B/2C/2H 的统一承载；通过 OTN CPE 完成高等级企业客户的接入需求。

面向 F5G 的下一代接入网

网络技术的发展更新迭代非常之快，新的产品、新的技术在网络行业的应用也越来越快、越来越广。近年来，随着 GPON、WDM、OTN 等技术的快速发展和超高清 4K/8K、云 VR/AR 内容和应用的快速爆发，接入网开始进入 F5G 千兆时代。



F5G 全光网包括以 10G PON、WIFI6 为基础的千兆宽带接入网络，和以 200G/400G 单载波技术为基础的光传输交换网络，具有大带宽、低时延、高可靠全光联接特性。



上图为目录接入网架构示意图，具体如下：

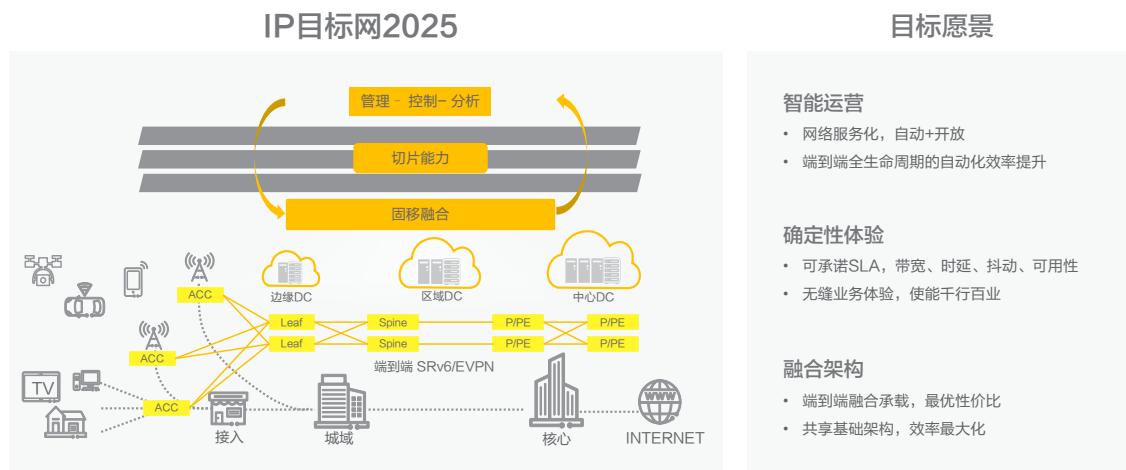
- 提供对 ToH/ToB/ToC 的统一综合承载，包括 4K/8K TV & 云 VR、商业宽带、企业上云、视频回传，以及全光校园和工业 PON（工业自动化），兼顾 SLA 和高效部署的最佳性价比；
- 10G PON ready 的 OLT 平台，并支持 Class D 的大面积覆盖能力；
- 家庭侧，支持 FTTR (Fiber to the Room) WiFi6、双频以及全向天线，提供高品质家庭内的覆盖和体验；
- 端到端支持网络切片能力，结合能力，支持业务级别的调度和 SLA 保障；
- 数字化 ODN 以及全程预连接能力，支持对无源资源的可视可管可控，提高 TTM，降低部署难度；

基于智能和大数据的智能运维，支持 WiFi 的可视化与调优，PON 光路故障的精准识别；

3.3.1.3 IP 综合承载层

IP 承载层

采用端到端 SR + EVPN 的 E2E L3 seamless，提供清晰、简单、灵活的多业务接入和承载，并采用 FlexE 进行资源隔离，满足不同业务场景的承载需求；接入层考虑 2G/3G/4G/5G 的共承载及平滑演进，采用 10GE/50GE/100GE IP RAN 设备组网，汇聚、核心及骨干层，可以考虑 100GE/200GE/400GE 组网。协议层面，采用 SR/EVPN 的统一 Underlay 和 Overlay 架构，可以实现各种场景需求的 VPN。



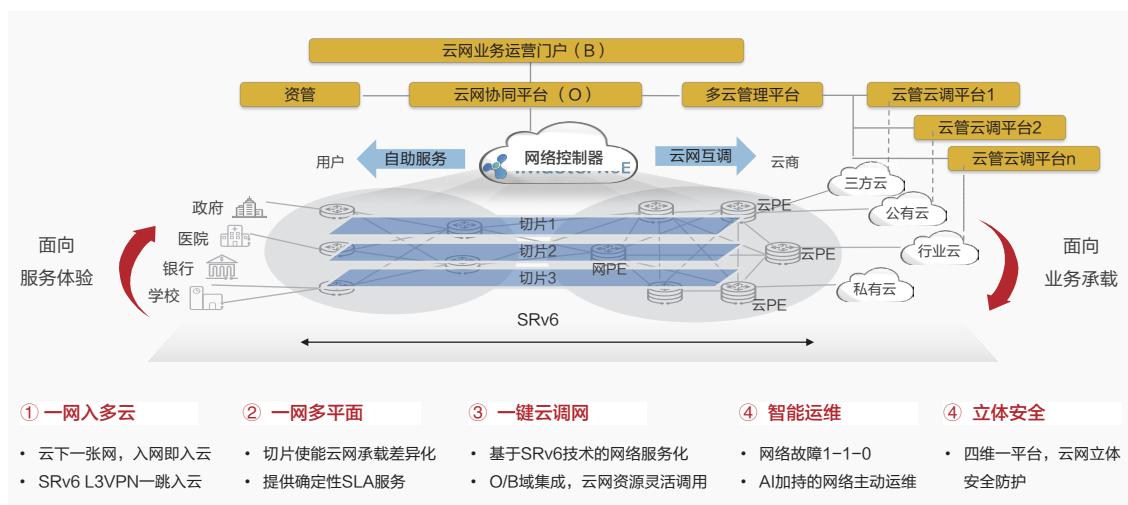
面向未来的 IP 网络 2025，具备以下目标和特征：

- 面向 5G 和云时代的综合承载，保证 MBB backhaul 和分级分布式云 DC 的高效承载，以及 ToC、ToB 和 ToH 的综合接入和承载；
- 基于 FlexE 和 EVPN 的 E2E 的软硬切片，实现各类业务基于 SLA 的安全隔离，满足不同场景的 ToC/ToB/ToH 的回传需求；

- 通过 SRv6+EVPN 的 2 层协议简化，构建起端到端统一的 Overlay+Underlay 架构，快速构建开通高效直达电路；
- 基于 iFIT，实现丢包、时延等网络 KPI 的分段与端到端检测，实时动态感知链路状态变化，有效保障网络的确定性业务体验；

智能云网

智能云网技术是以智能 IP 网络为基础，云网运营、云网运维都将实现自动化、智能化；支撑网随云动，提供云 + 网 + 安全一体化的业务网服务能力。



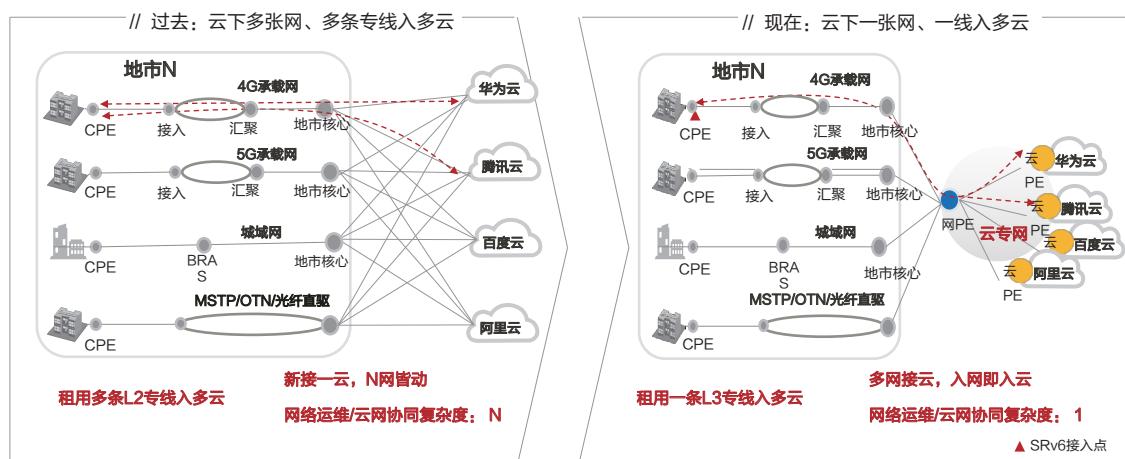
云骨干

随着多云、混合云成为趋势，企业客户需要灵活访问分布在不同云上的应用，网络需要能够按需提供相应的上云连接，同时，为支撑应用在不同云间的灵活调度，需要承载网络与云进行敏捷打通，为不同云上的资源提供动态、按需的互联互通。

在传统的二层点对点专线模式下，企业需要基于不同云的部署位置租用多条上云

专线，需要通过手动切换或者企业内部自组网调度实现对不同云应用的访问，影响业务灵活性和多云访问体验，云网协同复杂度高。

同时由于缺失一张统一互联互通的云骨干网，现有多个不同网络分别访问多个云时，如果新建一个云 DC，意味着所有网络和云的连接都需要新建打通。连接复杂，分段部署难度非常高，业务 TTM 时间长。



智能云网方案通过云骨干连接多云和多网，云网连接预部署，入网即入云；通过 SRv6 L3VPN 技术实现业务一线灵活入多云，业务敏捷开通。

- 智能云骨干：引入云 PE、网 PE 概念，云 PE 随云部署，通过云网协同平台将云 PE 和云进行预连接，节省云和网连接的资源规划、资源部署时间；网 PE 实现多网泛在接入，通过网 PE 广覆盖，汇聚不同网络、不同接入方式的云专线，实现一点入网，入网即入云，多云可达；云 PE、网 PE 之间可以通过 SRv6 BSID 技术提供 SLA 可保证的入云业务路径预部署能力，根据业务的带宽、时延等要求，在云专网预先部署符合质量要求的业务路径，并通过 SRv6 BSID 封装为网络服务，进而通过标准接口被网络控制器灵活调用，为应用提供所需的连接。

- SRv6 L3VPN 一跳入云：SRv6 改变了传统上云专线跨域场景下的多段拼接方式，方便不同网络之间的跨域，实现一跳入云。通过 L3VPN/EVPN L3VPN 等 L3 技术承载云专线及云间互联，利用 L3 网络路由能力实现企业站点一点接入、灵活访问任意云资源池。同时借助 SRv6 Policy 提供的差异化 SLA 能力，根据不同的 SLA 要求（如带宽、时延等）进行选路，对不同的云上应用提供差异化的 SLA 保障。

云接入

为了满足行业对各种业务体验保障的要求，以及不同业务相互隔离的诉求，构筑云时代差异化的竞争力，运营商可以通过网络分片为不同业务提供所需的云接入资源，保障差异化的服务质量。采用了切片之后，统一承载的云接入网可提供“细、多、准、快、稳”的网络分片方案，支撑云网业务体验可承诺。



- 切片硬隔离，SLA 可承诺

网络分片需要在网络设备的转发面上为不同业务预留独立资源，IP 承载网通过在同一个物理接口上划分不同的 FlexE 接口 /FlexE 子接口，在 IP 统计复用的基础上为高价值业务提供确定性的时延和带宽保障，在其它业务突发情况下，分片业务仍可以做到确定性的 SLA 保障。

- 精细切片粒度

FlexETH 技术在业界的切片粒度为 5G，由于颗粒过大，无法匹配企业专线的带宽模型，使用创新的 FlexETH 子接口技术，切片最小粒度可以达到 10M，可以对任意带宽专线业务进行 SLA 保障。

- 提供 K 级切片数量，更多业务隔离

当前切片控制面方案有多种，但不论是基于亲和属性，还是基于多拓扑，Flex-Algo，都需要为分片接口分配独立的控制面资源。例如为不同的网络分片接口配置不同的 IP 地址，建立多个 IGP 邻居，分配不同的 Segment ID，这些传统的方案大量占用了控制资源，限制了分片的数量和应用场景。

3.3.1.4 智能管理 / 控制 / 分析层

随着互联网产业的快速发展和云时代的到来，新兴业务模式的层出不穷，企业全面走向云化和数字化。电信行业作为各行业数字化转型的使能者，面临巨大的新商业机遇，同时也面临更多的挑战。

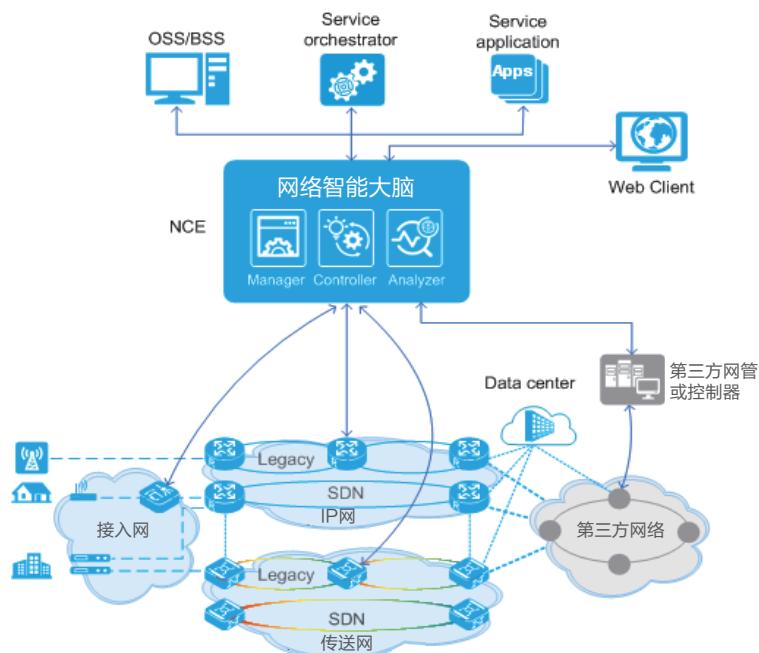
业务云化导致业务的应用呈现出极大的灵活性和不确定性，但当前运营商基础网络与各类应用之间存在巨大的鸿沟：

- 大量存量的传统网络（Legacy 网络）与 SDN/NFV 新建网络并存，存在严重

的资源割裂问题，网络被动地适配各种新业务，要么无法满足，要么必须付出高昂的代价。特别是面向企业专线场景，业务开通耗时(TTM)长，客户响应慢、套餐不灵活。

- 随着企业应用迁移上云以及电信云等新业务的发展，运营商管道中的网络流量更加动态多变，难以预测，传统的网规网优适应性弱，业务 SLA 保障面临巨大的挑战。
- 随着网络规模和复杂度的持续增加，运维复杂度不减反增，运营商急需部署自动化措施，降低对运维人员的技能要求，从而长期有效的控制 OPEX。

因此，在业务应用和基础网络之间，需要建立一个智能的适配层，即全新的管控维一体系统。这个系统要能对网络资源和能力进行抽象，进行自动化集中调度，并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。



如图所示，面向未来的云化的网络智能大脑，融合了网络管理、业务控制和网络分析三大功能模块，可以实现网络资源池化、网络连接自动化和自优化、运维自动化的核心功能。

基于云化网络的管控层：

- 向下管理和控制网络，支持管控 IP、传送和接入网设备，支持 SDN 网络和 Legacy 网络统一管控，支持单域、多域及跨层业务自动化。
- 向上开放能力使能业务，支持与 OSS、BSS 以及业务协同器（Services Orchestrator）集成对接，支持应用层的快速定制开发。
- 对接第三方管控系统，从而实现跨厂商业务编排和自动化。

基于云化的网络智能分析：

- 通过对网络实时状态及参数的采集分析，基于大数据自动生成业务策略，实现主动维护和闭环优化。
- 通过人工智能和机器学习，构筑智能网络，支持自动生成动态策略，实现网络自治。

总结下来，未来的网络智能大脑，会基于云化架构（公有云或企业私有云），对于管理层面、控制层面、智能分析层进行集中部署，负责全网设备的实时管理、业务路由的智能控制、分发、调优，基于大数据及智能算法，对于网络状态、故障、告警进行分析预测，实现业务智能及主动运维。

3-4

面向运维的自动驾驶网络规划及发展建议

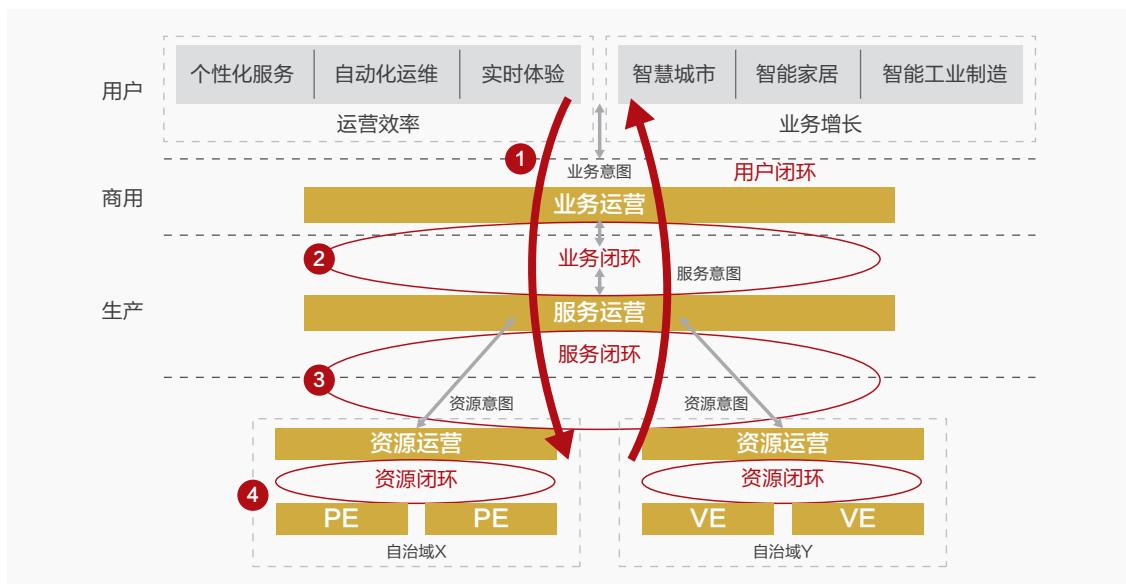
3-4-1 自动驾驶网络的定义和参考架构

自动驾驶网络的定义：

自动驾驶网络是具有 Self-X(self-serving、self-fulfilling、self-assuring) 能力的电信网络系统及服务。Autonomous Network 依托单域自治与多域协同，意图驱动，极简基础设施等关键技术，实现相关运营运维全生命周期的自动化和智能化，为用户提供 Zero-X(零等待、零接触、零故障) 的最佳 ICT 服务体验。

自动驾驶网络的参考架构：

电信管理论坛 TMF 联合英国电信、中国移动、中国联通、法国 Orange、沃达丰、华为和爱立信、诺基亚等 22 个成员，合作发布了自动驾驶网络白皮书 2.0 版本，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。



自动驾驶网络旨在面向垂直行业用户和客户提供全自动、零等待、零接触、零故障的创新网络与 ICT 业务。而且，自动驾驶网络需要为规划、市场、运营和管理等部门的内部用户提供自助、自足、自保障的电信网络基础设施。自动驾驶网络采用极简网络架构，其特点为自治域和自动化智能业务与网络运营，以实现数字业务闭环控制，带来极致用户体验、全生命周期运营自动化 / 自治和最大化资源效率。TM Forum 目前正在与论坛成员合作构建自动驾驶网络框架，该框架分为三个层级和四个闭环。其中，三个层级为通用运营能力，可支撑所有场景和业务需求：

资源运营层：主要面向单个自治域提供网络资源和能力自动化

服务运营层：主要面向多个自治域提供 IT 服务、网络规划、设计、上线、发放、保障和优化运营能力

业务运营层：主要面向自动驾驶网络业务提供客户、生态和合作伙伴业务使能和运营能力。

四个闭环实现层级间的全生命周期交互：

用户闭环：上述三个层级间和三个闭环间的交互支撑用户服务。三个层级间应通过意图驱动式极简 API 接口进行交互。

业务闭环：业务和服务运营之间的交互。运营模式需要从孤立业务升级为按需、自动化业务协同和生态，使能客户 / 业务 / 生态运营的闭环。这通常需要全球多个服务供应商通过业务接口进行协同。

服务闭环：服务、网络和 IT 资源运营间的交互。运营模式需要从传统的以项目为中心的自定义方法升级为以全业务生命周期运营自动化为基础的数据 / 知识驱动平台。最重要的是要将思维方式从“建设和运营”转变为“设计和运营”，并认识到知识即服务（KaaS）运营模式的价值。KaaS 即通过桌面、笔记本电

脑或任意移动设备，在恰当的时间和场景下向恰当的人员推送恰当的知识。运营自动化是提升生产效率和业务敏捷性的核心。

资源闭环：以自治域为粒度的网络与 IT 资源运营间的交互。需要从割裂的烟囱式网元层集成转型为采用极简网络架构的自动驾驶网络域闭环，通过抽象化屏蔽网络复杂性，实现跨域自治协同，为网络运营和协同生产的闭环奠定基础。

TMF 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。

自治等级	L0: 人工运维	L1: 辅助运维	L2: 部分自动驾驶网络	L3: 条件自动驾驶网络	L4: 高度自动驾驶网络	L4: 完全自动驾驶网络
自动驾驶网络业务 (Zero X)	不涉及	单个自动驾驶网络用例	单个自动驾驶网络用例	选择多个自动驾驶网络用例	选择多个自动驾驶网络业务	任意自动驾驶网络业务
执行	人工	人工/自动	自动	自动	自动	自动
感知	人工	人工	人工/自动	自动	自动	自动
分析/决策	人工	人工	人工	人工/自动	自动	自动
意图/体验	人工	人工	人工	人工	人工/自动	自动

人工 (人员)
 系统 (自治)

- **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：**系统基于智能模型，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。

3-4-2 自动驾驶网络的特征

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性目标，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：

特征 1：网络知识和专家知识数字化，从被动的专家人工运维，走向预测性的智能运维

当前运营商网络主要还是以人工运维模式为主，网络问题发生后，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、业务云化的随需开通等诉求，建议从如下三方面能力提升：

- 预测性网络问题感知能力：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，以及智能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网络的演进及智能的引入，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。结合智能技术，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。

智能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，智能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，智能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。

特征 2：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，网元内置智能算子和智能推理单元支持智能推理能力，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。

特征 3：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。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。

特征 4：统一的云端智能训练、知识管理和运维设计平台，支持电信网络迭代演进

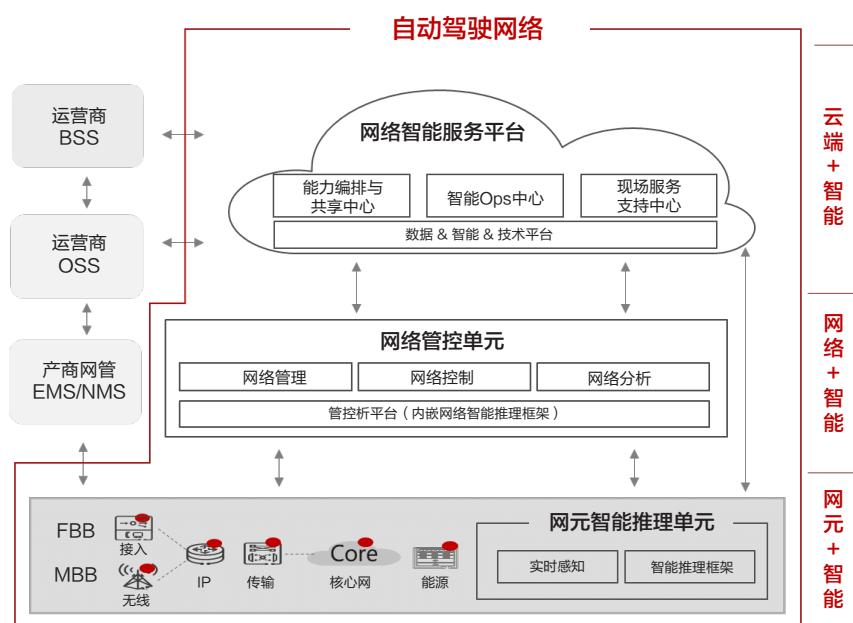
未来的运营商网络，需要从云端、网络、网元三层，建立相互协同的智能能力。云端智能，一方面作为统一和集中化智能设计和开发平台，既是运营商持续进行智能训练和知识提取的开发态敏捷工具，又是网络知识和专家知识实现数字化的源头。另一方面，云端智能还提供运营商关键的知识发布和共享能力，是“知识中心”和“图书馆”，减少重复的开发和训练过程。网络智能面向网络分层自治提供在线智能推理和本地知识库支持，是网络智能化具体实施的关键。网元智能聚焦网络数据的实时采集和过滤，并实现实时性本地快速闭环。可以说，正是统一的云端智能训练、知识管理和运维设计，让能支撑电信网络持续动态迭代和智能升级。

为保证三层智能之间高效协同，首先，它们应当使用一致的智能规范，包括智能模型规范、知识规范和推理过程规范等，确保智能模型、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智能三层架构需具备如下独特能力：

1. 智能模型的泛化和局部适应性能力：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智能模型，向其他子网应用和推广使用时，可能存在泛化和局部适应性难题，这要求智能推理部件中，必须提供相对完善的智能模型泛化和本地再优化的能力。
2. 智能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，可能会要求智能模型、网络知识同步更新升级，这要求云端智能、网络智能和网元智能须协同，支持对智能模型、网络知识的持续演进升级。比如，利用智能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，这可能会要求智能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，智能将无处不在，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 级的目标，需要一个清晰的，可供产业参考、形成为共识的目标架构来指导生产实践落地，推荐的典型目标架构如下：



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。

3-4-3 自动驾驶网络分级评估

自动驾驶网络从 L0 到 L5 的演进是一个持续长达 10 年的过程，如何清晰认识当前的所在位置至关重要。且运营商在推进网络自动化、智能化创新和转型工作中，面临着 2 个主要问题：

- 网络智能创新试点多，但是价值不好衡量，较难评估整体收益；
- 由于没有统一标尺、没有可衡量网络智能创新的理论和实施方法，好的创新难于复制。

为了解决这两个问题，需要建立自动驾驶网络的分级标准和评价体系：通过梳理运维工作场景，找到重点场景和薄弱环节，制定统一的、客观的、可量化的效能评价指标，对网络智能化、自动化水平进行分级，指导运维智能化转型工作开展和水平提升。

3-4-4 自动驾驶网络的演进从现在开始

自动驾驶网络的实现将是一个长期的过程，但需要从今天就开始构建。我们主张从单点的自治化开始，走向单域自治化和跨域自治化，最终实现全局自治化。通过在设备层、网络层、云端全栈和运营系统逐步引入智能和数字孪生等创新技术，采用“单域先行和跨域聚焦价值场景”的思路快速推进，目标在未来 5-10 年逐步共同实现网络的超自动化，重点聚焦在“能源效率、网络性能、运营效率和用户体验”四个方面帮助运营商网络实现价值提升。

能源效率提升：

如何实现站点节能，甚至从设备级节能到全域网络级节能。传统方式由于担心网络 KPI 下降，网络动态调整太繁琐等原因，执行很差。引入智能省电模型，熟练掌握专家经验，通过拉通网络负载，配电、温控等系统，实现在 KPI 不恶化情况下，7*24 小时动态智能联动调整，使得能源消耗曲线与网络负责曲线最大程度匹配，最大限度节省能源，目标 0 比特，0 瓦特。

网络性能提升：

从产品创新走向网络系统性创新，通过智能跨领域，多参数，大数据的模型训练，通过嵌入式智能推理模块的 7*24 小时，实时推理决策和实时资源调度，突破系统可用资源瓶颈，大幅提升网络性能，最大化网络价值。例如通过无线多参数性能调优，低体验小区减少 80% 以上，提供极致 5G 性能；通过智能无损数据中心智能 fabric 网络，实现零丢包，低时延，高吞吐，IOPS 提升 50% 以上，提供更强更快的云服务。

运营效率提升：

智能社会脚步渐近，在你看得到或看不到的地方，变革正在发生。到 2025 年，全球企业对智能的采用率将达到 86%。作为数字化底层平台的电信行业正身处变革的中心，运营商的效率和成本也面临结构性挑战，电信设备 OPEX 支出约为 CAPEX 的三倍，给运营商带来沉重的负担。在网络资源方面，当下的特点是网络建设好了，流量就随之流动，资源利用可能并不合理，依赖人工对全网流量进行频繁分析和调整的难度非常大。智能技术的应用，能够将人工数周完成的数据分析工作在几分钟内完成，帮助运营商打破僵化的网络运营模式，深度挖掘网络潜能，提高运营效率和资源综合利用率，降低整体运营成本，大幅降低业务处理时长和人工导致的错误。

用户体验提升：

结合用户无感知的网络配置、流量调度等技术手段，保障用户的最佳体验，这标志着网络设计视角的根本转变，面向用户体验，自上而下驱动网络，网络适应业务需求，从基于网络指标的网络经营走向以业务体验指标来经营网络，提升运营商的网络业务增收能力。例如，通过智能增强学习优化 MIMO 性能，为不同小区提供不同的参数组合，提升 50% 以上的用户平均速率；通过智能算法预测用户体验断点，提前维护，先于用户提前感知网络质量和网络故障，对用户体验进行主动关怀。

技术创新是 应对未来不确定性的 “万能钥匙”



4-1 5.5G

基于华为对无线通信产业长期的实践和展望，我们提出 5.5G 愿景，以牵引 5G 产业发展和演进，增强 5G 生命力，为社会发展和行业升级创造新价值。5.5G 是产业愿景，也是对 5G 场景的增强和扩展。

增强针对的是 ITU 定义的三大标准场景，即 eMBB、mMTC 和 URLLC。引入 REDCAP 增加终端类型，满足 mMTC 场景下，宽带物联网对多样化终端的要求；增加基于可靠性的时延，使得 URLLC 场景满足智能制造对联接的需求，比如远程运动控制的要求。扩展应对的是日益增长的新应用诉求，5G 定义的三大场景已经无法支撑更多样性的物联网场景需求。比如工业物联网的应用，既需要海量连接，又需要上行大带宽，我们提出在 eMBB 和 mMTC 之间增加一个场景，命名为 UCBC，聚焦上行能力的构建；还有一类应用，既需要超宽带，也需要低时延和高可靠，我们提出在 eMBB 和 URLLC 之间增加一个场景，命名为 RTBC，聚焦宽带实时交互的能力构建；最后一类场景是泛能力集，比如车联网中的车路协同，既需要通信能力，又需要感知能力，我们提出新增 HCS 场景，聚焦通信和感知融合的能力构建。



从支撑万物互联到使能万物智联，这就是 5.5G 愿景的核心内容，5.5G 技术创新将带来如下几方面的新价值：

UCBC 上行超宽带，加速千行百业智能化升级。 UCBC 场景支持上行超宽带体验，在 5G 能力基线，实现上行带宽能力 10 倍提升，满足企业生产制造等场景下，机器视觉、海量宽带物联等上传需求，加速千行百业智能化升级。同时，UCBC 也能大幅提升手机在室内深度覆盖的用户体验，通过多频上行聚合以及上行超大天线阵列技术，可大幅提升上行容量和深度覆盖的用户体验。

RTBC 宽带实时交互，打造“身临其境”的沉浸式体验。 RTBC 场景支持大带宽和低交互时延，能力目标是在给定时延下的带宽提升 10 倍，打造人与虚拟世界交互时的沉浸式体验，比如 XR Pro 和全息应用等。通过广义载波快速扩大管道能力，和 E2E 跨层的 XR 体验保证机制，可以有效提供大带宽实时交互的能力。

HCS 融合感知通信，助力自动驾驶发展。 HCS 主要使能的是车联网和无人机两大场景，支撑自动驾驶是关键需求。这两大场景对无线蜂窝网络都提出，既要提供通信能力，又要提供感知能力。通过将蜂窝网络 MassiveMIMO 的波束扫描技术应用于感知领域，使得 HCS 场景下既能够提供通信，又能够提供感知；如果延展到室内场景，还可提供定位服务。

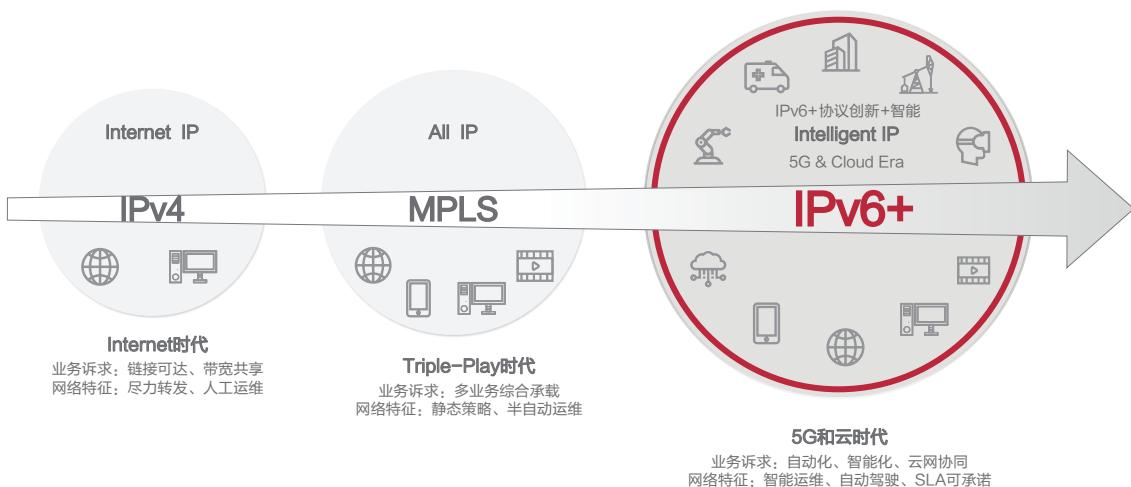
重构 Sub100G 频谱使用模式，最大化频谱价值。 频谱是无线产业最重要的资源。要达成产业愿景，5.5G 需要在 Sub100GHz 内使用更多的频谱。不同类型频谱的特点不同，譬如 FDD 对称频谱具备低时延特征，TDD 频谱有大带宽特征，而毫米波则可以实现超大带宽和低时延。如何综合发挥各个频段的优势，是未来关键的方向。我们期望能实现全频段上下行解耦，全频段按需灵活聚合，重构 Sub100GHz 频谱使用模式，最大化频谱价值。

+ 智能，让 5G 联接更智能。5G 时代运营商的频段数量、终端类型、业务类型、客户类型都会远远高于之前的任何一个制式。化繁为简，5.5G 需要在多方面与智能深度融合，推动无线网络自动驾驶水平向 L4/L5 迈进。

4-2 IPv6+

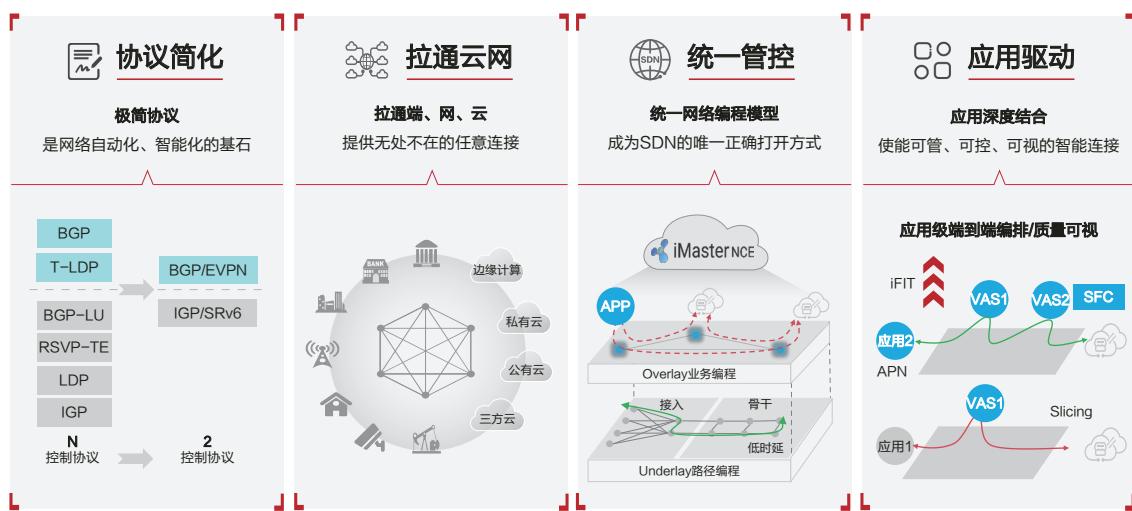
“截至 2020 年 3 月，全球 IPv6 用户已超过 10 亿。由于 IPv4 地址空间被耗尽，5G、IoT 和垂直行业协议使用 IPv6，以及 SRv6 的技术演进，使得 IPv6 成为了优先的话题。（IDC 白皮书，华为赞助，CSP 网络转型：2025 之旅，文档 #EUR147425621,2021 年 2 月）

“IPv6+”是对 IPv6 技术的扩展和创新，用以增强和释放 IPv6 的技术潜力，满足 5G 和云时代对大规模、高可靠、新业务和智能化 IP 网络的需求。“IPv6+”的技术内涵包括以 SRv6 网络编程、网络切片（FlexE）、随流检测（iFIT）、新兴多播（BIERv6）、感知应用网络（APN）等为代表的一系列协议和技术创新。



4-2-1 IPv6+SRv6：构建无处不在的任意联接

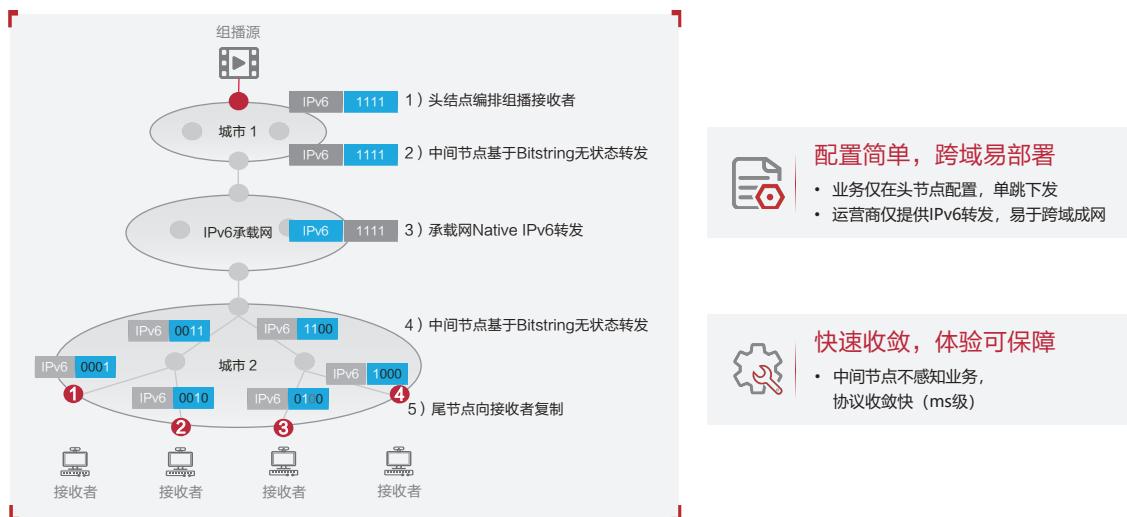
通过 Segment Routing 可以简易的定义一条显式路径，网络中的节点只需要维护 Segment Routing 信息，即可应对业务的实时快速发展。SRv6 技术在 IPv6 时代可以很好的满足以上要求，通过扩展 IPv6 报文的头域，实现类似标签转发的处理。SRv6 将一些 IPv6 地址定义成实例化的 SID (Segment ID)，每个 SID 有着自己显式的作用和功能，通过不同的 SID 操作，实现简化的 VPN，以及灵活的路径规划。



IPv6+SRv6 为所有业务提供统一的转发平面，而 EVPN 为所有业务提供统一的控制平面交互。通过协议简化，降低网络建模与运维的复杂度，是网络自动化和智能化的基石。此外，SRv6 基于 IPv6 可达即业务可达，新业务可快速开通。从传统的城域网，骨干网，到接入园区数据中心或边缘云，乃至未来到终端和云内，通过 IPv6+SRv6 拉通端、网、边、云，可提供智能时代 any-to-any 的任意连接，特别在云网融合时代。

4-2-2 IPv6+BIERv6：IPv6 时代组播业务最佳承载方案

传统的组播要为每条组播流建立一棵组播分发树，使组播流量沿着特定的分发树进行复制，这种方式需要额外的协议，拓扑中的每一个网络节点都需要为每个组播分发树维护相关状态，可扩展性差、运维复杂、资源消耗大，故障时的收敛速度也慢。

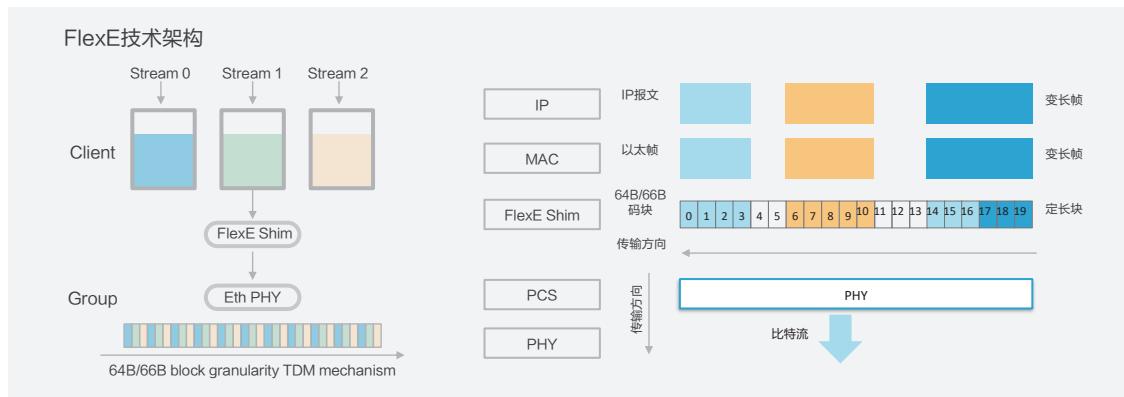


BIER，全称 Bit Indexed Explicit Replication，每个接收者用一个 Bit 标识，头结点对组播流接收者进行编排，将其对应的 bit 置位，形成 bitstring，封装在报文头中。中间节点根据报文头中的 bitstring 查表进行无状态转发。不需要额外的组播协议，中间节点不需要为每条组播流维护状态，达到了协议极简，运维简化，同时收敛与组播流的数量无关，用户体验和可靠性也得到了极大的增强。

同时 BIERv6 基于 IPv6 封装，可轻松穿越不支持的节点与第三方网络，实现跨地域的组播业务，比如异地 VR/AR 直播，国家到地市县级别的内容分发。

4-2-3 IPv6+FlexE：保障差异化上云体验

网络切片，作为承载网中的核心技术，可提供带宽保证，安全隔离能力。从而为客户提供一个不同业务实现物理隔离效果的网络。目前网络切片技术，主要以 FlexE 为代表。

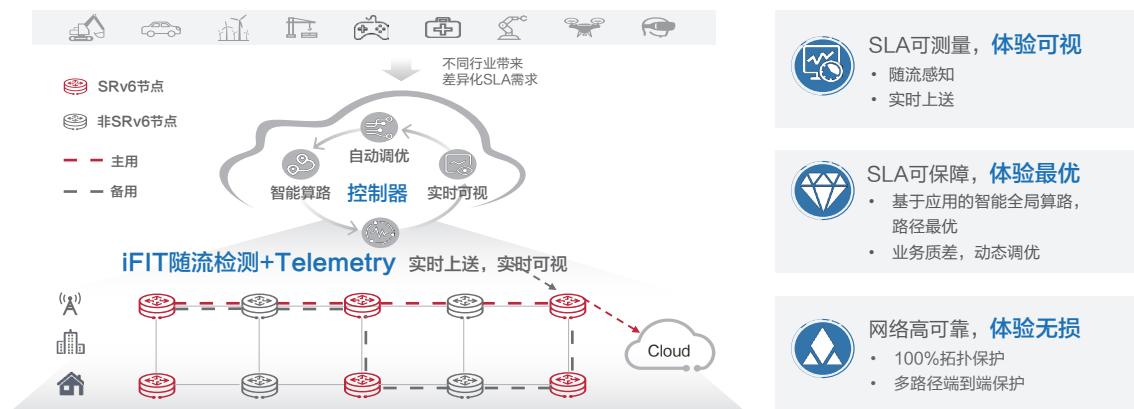


从 TCP/IP 协议层来看，传统的数据报文转发是做了报文解封装，看二层（如 MAC ）或者看三层（如 IP ）转发。而 FlexE 技术是在类似 1.5 层，二层 MAC 以下、一层物理层以上（即 PCS 和 PMD ）之间插入了一个调度层 shim，借用了时分复用 TDM 的方法，把报文进行转发，不是传统的 IP 包交换的方式转发。

通过 FlexE，设备为每个网络切片分配专享 / 共享的资源，可实现一网多用，确定性转发，保障差异化的上云体验。

4-2-4 IPv6+ iFIT: SLA 质量实时可视

随流检测 (iFIT) 是数据平面的 Telemetry 使用的一种关键技术，可以提供数据平面逐个分组报文的信息。网络测量并不会发送主动探测报文，而是在用户报文中携带 OAM 的指令，在报文转发的过程中，OAM 信息跟随报文一起转发，完成测量。

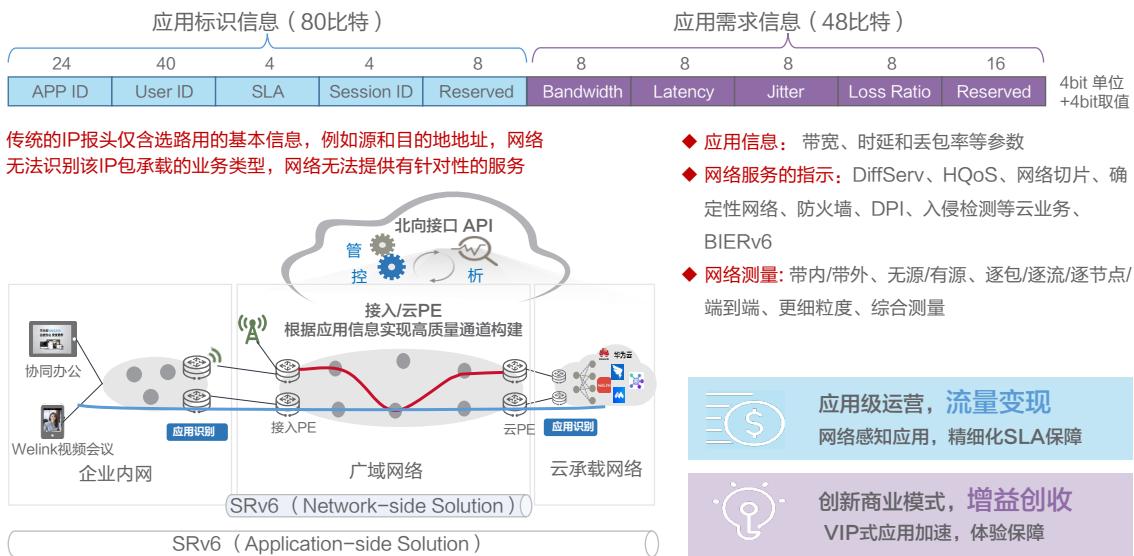


基于 iFIT，将 OAM 指令与时间标签嵌入用户报文 IPv6 包，可实现丢包、时延等分段与端到端检测，未来可支持确定性网络。可实时感知业务上云体验，实现 SLA 可测量、可保障，体验最优，以及网络的高可靠。

4-2-5 APN6

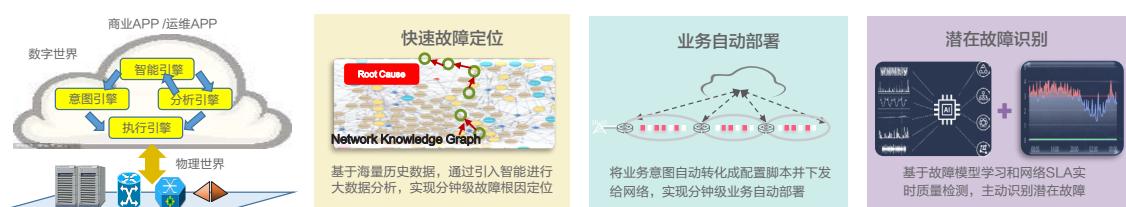
APN6 (application-aware IPv6 networking, 感知应用的 IPv6 网络)，利用 IPv6/SRv6 报文自身的可编程空间，将应用信息(应用标识和对网络性能需求)随报文携带进入网络，以 native 的方式使网络感知到应用及其需求，从而为其提供相应 SLA 保障。

通过 APN6，基于上云应用的差异化通道，可实现云网业务的精细化运营。



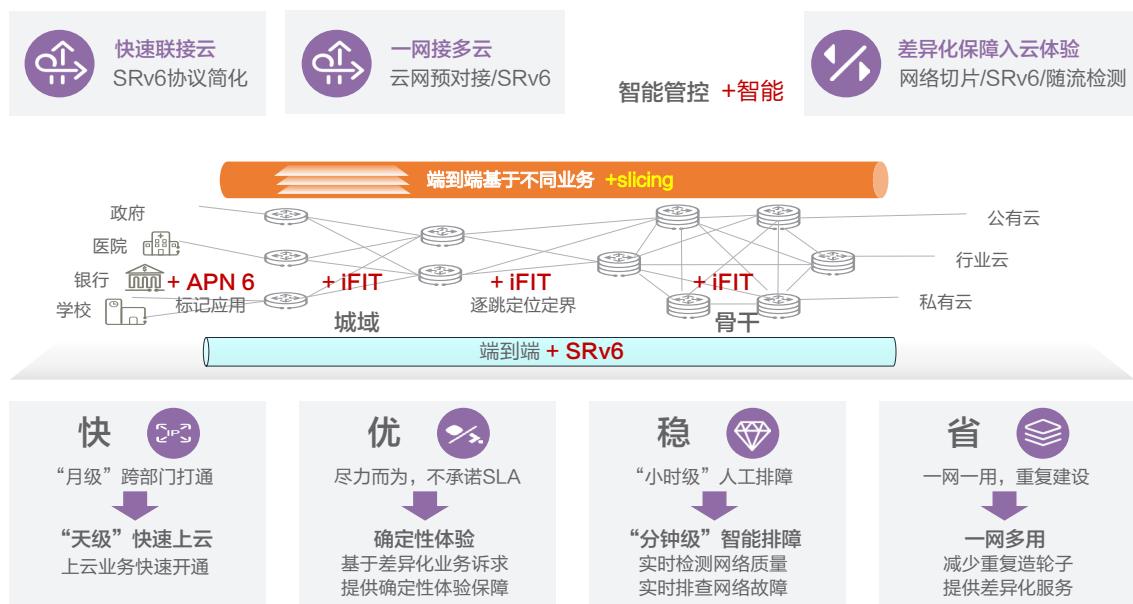
4-2-6 IPv6+ 智能：使能网络自动驾驶

基于 IPv6+ 系列技术和协议，可实现业务自动部署，故障自动定位，提升运维效率。其中涉及到 4 大引擎，如图所示，分别为：意图引擎 ----- 从意图到设计、执行引擎 ----- 从设计到指令、分析引擎 ----- 从数据到分析、智能引擎 ----- 从分析到决策。



4-2-7 IPv6+ 云网：敏捷云网协议

基于 IPv6+ 系列技术和协议，使能和加速云网融合。实现业务的快速入云、多云随选、差异化入云体验，并且保障云网的确定性体验、快速智能排障以及基于切片的一网多用。



4-3 智能

电信网络走向智能化已经成为整个产业的共识，在未来五年电信行业智能应用产业将会达到百亿美金的规模，智能在电信领域的应用将会覆盖网络运维、网络运营管理、客户体验管理、客户服务和市场营销、CRM系统等各种业务场景。智能应用将帮助运营商大幅提升运维效率提升、降低设备运行能耗、提高客户业务体验，加快完成数字化转型。但同时也看到，在电信智能的规模化应用过程中会面临诸多挑战，智能的应用如何能够广泛的进行复制实现规模化商用，专家的知识如何转换成智能能力，电信智能应用如何实现高度的可信和安全。面对系列问题，电信智能需要基于行业特点，结合智能技术的发展持续进行实践探索和创新，未来目标网智能化的发展将会呈现一些新的发展趋势。

电信智能要能够经济、高效地持续进行在线学习和模型迭代，实现智能应用的自动化演进

未来的目标网，是一个可以实现自动、自愈、自优的智能化自治网络，意味着智能应用可以自我进行迭代。现实中的网络随着时间推移，网络状态（话务量、容量等）都是会发生变化的，带来的是智能模型跟网络的数据特征不再匹配，智能应用的效果可能会下降，这个就动摇了电信应用智能的基础。因此，智能化的目标网需要在网络架构上有所创新，能够建立自治协同的机制，实现智能应用的效果监测、在线学习、自动迭代。

建立这种经济、高效的协同机制，同时还要考虑计算资源的经济性和运用效率，建立集中化的电信智能平台应该会是很多运营商的选择。集中化的智能平台，除了具备数据服务、模型训练服务外，还可以对全网的智能应用模型的效果进行实时感知，任何智能应用劣化的检测都会触发智能平台启动新的模型训练，同时能够将新模型自动下发给智能应用进行更新，保证智能特性的运用效果。



图- 自制协同机制

建立了自治协同的机制，集中化的智能平台和智能应用之间就能够协作完成数据样本上云、模型状态管理、模型重训练，模型下发、择优更新等一系列任务，完成在线学习和模型迭代，实现智能应用的自动化演进，让智能化的目标网能够进行智能的迭代升级，变得越来越聪明。

以迁移学习、学件等为基础的智能工程化能力，加速从实验室智能到商业化智能的落地进程

目前，智能特性在很多验证项目中呈现出良好的应用效果，但从实验性质走向工程化应用还有一段距离。智能工程化，针对业务场景要能够快速完成模型开发和训练，以及能够快速实现智能应用的快速复制。但在电信领域，基于某个网络开发的智能应用往往不能在其他网络直接复制使用，原因在于彼此的数据特征是有差异的，模型跨局点应用很多时候需要重新进行训练和学习。由于直接对目标域从头开始学习成本太高，因此未来需要广泛构建以迁移学习、学件、模型模板、模型生成服务等为基础的智能工程化能力，运用已有的相关知识来辅助尽快地学习新知识，或完成新模型的开发。

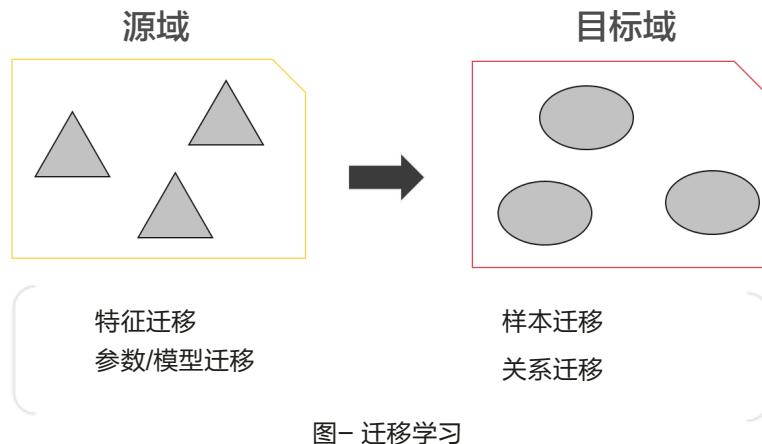


图- 迁移学习

迁移学习的核心是找到已有知识和新知识之间的相似性，用成语来说就是举一反三。如，已经会下中国象棋，就可以类比着学习国际象棋；学会英语，就可以类比着来学习法语，等等。如何合理地找寻它们之间的相似性，进而利用这个桥梁来帮助学习新知识，是迁移学习的核心问题。在迁移学习中，已有的知识叫做源域，要学习的新知识叫目标域。迁移学习研究如何把源域的知识迁移到目标域上。迁移学习按照学习方式可以分为基于样本的迁移，基于特征的迁移，基于模型的迁移，以及基于关系的迁移。基于样本的迁移通过对源域中有标定样本的加权利用完成知识迁移；基于特征的迁移通过将源域和目标域映射到相同的空间并最小化源域和目标域的距离来完成知识迁移；基于模型的迁移将源域和目标域的模型与样本结合起来调整模型的参数；基于关系的迁移则通过在源域中学习概念之间的关系，然后将其类比到目标域中，完成知识的迁移。

另外，学件、模型模板、模型生成服务的应用也是未来实现电信智能工程化的重要技术。学件致力于实现智能模型一站式快速建立，从数据、模型、建模经验等多方面进行积累、共享，用户可灵活应用已有的预训练模型创建个性化新模型，同时支持算法与专家经验的深度融合，满足用户复杂场景的建模需求。模型模板、模型生产服务都是通过预制电信智能场景的经验、知识和算法，减少数据建模、算法选择和调测等开发工作，大幅提升智能应用的开发效率。

在未来的智能化的目标网中，迁移学习、学件、数据模板等这些智能工程化能力可以助力加快完成网络智能模型数据特征的学习，节省模型的开发和训练时间，便于将智能应用快速地推广复制到应用到其他网络或区域，有利于实现电信智能应用的规模化商用。

从以大数据为基础的机器学习，转变为符号主义和机器学习集合的、可解释性的智能

电信领域是一个专业性非常强的行业，网络的规划、建设、维护和优化都需要专业的知识，也高度依赖于专家的经验。在未来的目标网中，网络的智能不能仅仅来自于基于大数据为基础的机器学习，同时它还需要能够识别、学习、搜索和处理专家经验转化的知识。因此，未来电信智能的智能化要从大数据为基础的机器学习，升级转变为基于符号主义和机器学习集合的智能。同时，为了持续提升智能的安全、可信，对智能的可解释性要求也会增加。

实现符合主义和机器学习结合的智能，意味着很多新的智能技术需要引入电信智能，比如知识图谱。知识图谱本质上是语义网络，是一种基于图的数据结构，由节点 (Point) 和边 (Edge) 组成。在知识图谱里，每个节点表示现实世界中存在的“实体”，每条边为实体与实体之间的“关系”。知识图谱是关系的最有效的表示方式。通俗地讲，知识图谱就是把所有不同种类的信息连接在一起而得到的一个关系网络。知识图谱提供了从“关系”的角度去分析问题的能力，把人的知识转化成了机器能够识别的语言。

电信领域的专业知识和专家经验主要包括两大类，一类就是各种语料库，包括：产品文档、案例库、运维经验手册、术语解释网站等；另外一类就是专家经验，体现在：定义产品的故障和对象 schema、定义推理规则、分析定位故障方法、故障传播经验关系等。通过知识图谱把这些经验和知识通过知识建模、知识抽取等系列处理构建电信领域的知识库，这些知识就变成机器可以识别、搜索和处理的知识，将可以广泛应用于各种电信智能业务场景，如知识问答、故障辅助定位等。

愿景



数字化转型加速，基础设施规划应先行。运营商网络规划和演进是一个长期的演进的过程，以 5G、F5G、云和智能为核心的信息通信技术创新，将强有力推动未来信息基础设施的转型，华为将持续创新，不断提升竞争力，支撑好运营商构建新型基础设施的建设，为全球通信产业的发展做出积极贡献。

华为认为，除了关注前方，不断探索新的商业模式和业务类型，还应着眼于脚下，规划和建设一张稳定、可靠、灵活、高效的网络基础设施是运营商的立足之本。因为基础设施是运营商的根，只要根基扎稳，必定带来明天业务的花繁叶茂、果实累累。打造好面向未来的目标网，使能商业成功，离不开各行各业的合作与协同，华为愿与运营商及行业一起共同探索，让我们携手共赢 2025 商业成功。

版权所有 © 华为技术有限公司 2021。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。

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
邮编：518129
电话：+86 755 28780808

www.huawei.com