



IP网络系列丛书

运营商智能云网解决方案

主编：李强

数据通信数字化信息和内容体验部 出品



版权声明

主编：李强

主要参与人员：张亚伟、戎维莉、杨成、凌海凤、郭海蓉

发布日期：2021-06-30

发布版本：01

版权所有©华为技术有限公司 2021。保留一切权利。

未经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

前言

主编简介

李强，华为数据通信产品资料工程师。2008 年加入华为，具有 10 年数通解决方案资料开发经验，曾参与 IPRAN 解决方案、IP 专线解决方案的实际项目和主导相关方案部署基线手册的写作。

本书内容

本书介绍了运营商智能云网解决方案产生的背景、价值、推荐的目标方案架构以及部署中使用到的关键技术/能力，同时给出了运营商智能云网部署建议。运营商通过部署智能云网解决方案，可有效应对行业数字化转型过程中对运营商网络带来的挑战，帮助传统运营商向 DICT 服务提供商全面转型。本书的最后介绍了当前部分运营商在云网业务市场的一些成功应用案例。



读者对象

本文档主要适用于从事运营商网络相关的 ICT 从业人员以及各企业投身数字化转型的参与者或者决策者。相关人员需要具备以下经验和技能：

- 具备一定的华为数据通信产品基础知识和操作经验。
- 在工作中对运营商云网业务有诉求，或是对运营商云网业务感兴趣。

符号约定



说明

对正文中重点信息的补充说明。“说明”不是安全警示信息，不涉及人身、设备及环境伤害信息。



注意

表示如不避免则可能导致轻微或中度伤害的具有低等级风险的危害。



目录

第 1 章 运营商智能云网简介	1
1.1 企业上云的变化趋势	3
1.2 运营商云网融合面临的挑战	5
1.3 运营商智能云网是什么	6
1.4 运营商发展智能云网的态度	12
第 2 章 智能云网方案的价值	15
2.1 一跳入云	16
2.2 一网通达	18
2.3 一键导航	20
2.4 一纤多用	21
2.5 一体安全	23
第 3 章 华为智能云网方案架构	25
3.1 网络功能架构	25



3.2 目标拓扑架构	27
3.3 网络架构特点	28
3.4 业务场景	30
第 4 章 华为智能云网关键技术/能力	33
4.1 SRv6	34
4.2 网络切片	38
4.3 随流检测(iFIT)	41
4.4 智能网络管控器	45
第 5 章 运营商智能云网部署建议	53
5.1 智能云骨干网络	55
5.2 新建行业切片专网	57
5.3 现有城域网改造	58
5.4 O/B 域建设与集成	63
5.5 华为云端 CPE	65
第 6 章 智能云网的成功应用	68
6.1 A 省运营商 A 新建行业专网	68
6.2 B 省运营商 B NGMN 智能切片专网	72
6.3 C 省运营商 C 构建敏捷多云专线	77



第1章

运营商智能云网简介

摘要

本章重点介绍运营商智能云网解决方案产生的背景。人们定义第四次工业革命为智能时代，愿景是实现万物互联。智能时代背景下，个人和企业都会对云广泛使用，享用云提供的算力和AI (Artificial Intelligence)。智能云网，是第四次工业革命的全新业务网，把强大的智能和算力输送给企业和个人。

人类社会每出现一次大的技术创新，都会对人们的生产和生活带来一次飞跃。以工业革命为例，如图 1-1 所示，当前已经进入第四次工业革命。第四次工业革命以人工智能、清洁能源、无人控制技术、量子信息技术、虚拟现实以及生物技术为主，实现了基于物理信息系统（Physical Cyber systems, PCS）之上的万物互联，标志着人类进入智能时代。



图1-1 工业发展的四个阶段



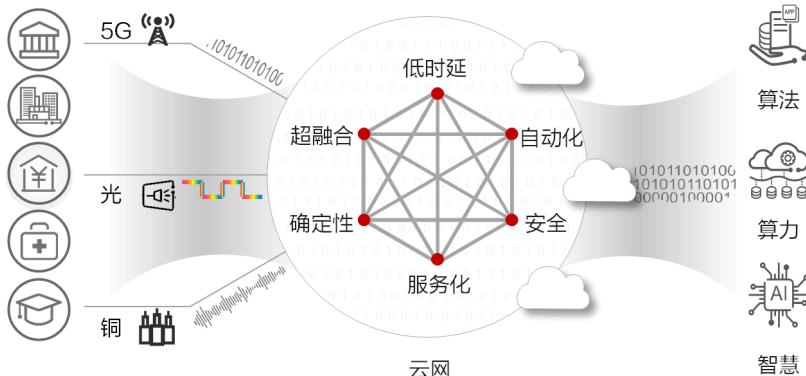
物理信息系统也被称作信息物理系统 (CPS,Cyber-Physical Systems)，作为计算进程和物理进程的统一体，是集成计算、通信与控制于一体的下一代智能系统。物理信息系统注重计算资源与物理资源的紧密结合与协调，也可理解为云资源和网络资源的融合。

云和网成为智能世界数字经济发展的最基本要素。云提供的算力和 AI 是智能时代发展最直接的技术驱动力，而网将云端的算力和 AI 输送给使用者。这些算力和 AI 面向使用者就是各类实际可见或可操作的应用。

智能云网，是面向云时代，第四次工业革命的全新业务网，为千行百业输送充沛算力和 AI，如图 1-2 所示。

企业数字化转型的本质是上云，需要使用运营商的网络。运营商通过智能云网的建设，包括基础网络、管理&运维域和运营域的纵向全流程建设，实现云网的深度融合。

图1-2 智能云网的作用



1.1 企业上云的变化趋势

云计算正在不断改变数据被使用、存储和共享的方式，随着越来越多的数据进入云端，企业使用和访问云的行为变得趋于日常。特别是 2020 年新冠疫情全球流行以后，云上办公成为主流趋势，疫情驱动了企业加速上云的步伐。部分国家采用数字化的疫情防控措施并取得良好的效果，最大限度的降低了疫情对整个生产社会带来的影响。

企业市场是运营商未来业务重点发展的方向，能够为运营商带来巨大的业务增长，是智能云网的重点目标用户群体。

企业数字化转型进程不断推进，企业上云过程中对服务模式的需求发生了变化。从以前单一的云或者单一的网的服务，转变为云+网的一体化服务，推动运营商的云网融合节奏快速向前。

同时企业上云的趋势也发生了变化，参考图 1-3，可概括为以下几点：

- 私有云到混合云

大部分企业用户核心系统放在私有云，对外交付系统由私有云逐步迁移到公有云，这种混合云部署模式成为大中型企业的普遍选择，后继随着数字化转型的深入，核心系统也将逐步转移到公有云/行业云上。此时企业用户需要分权分域、安全快捷的混合云服务，同时不同云之间还需要容灾和迁移等专业服务需求。

- 单公有云到多云部署

以前出现过某云供应商公有云宕机的事故，企业意识到将所有业务部署在一个云上是存在风险的，于是倾向于将业务分散部署在多个公有云上，保障业务稳定运行。企业使用多云的服务方式，能避免单一云供应商形成价格壁垒。企业使用多样的业务应用，单一云供应商可能无法满足业务需求，此时也需要多云的服务。

企业使用多云以后，运营商还需要向企业提供一个多云资源的统一监控管理服务平台。

- 服务体验要求更高

多云部署需要网络的配合，此时企业用户对业务开通时效性提出需求，以前运营商网络上业务开通需要上月的时间。企业用户已经享受了云业务分钟级开通的体验，会对网的业务开通提出同样的要求，即云网要有一致性的服务体验。同时企业用户还有享受确定性业务体验的需求，即保障带宽以及稳定时延。

- 联接服务从 WAN 到 LAN

企业上云后，联接服务从传统 WAN 逐步扩展进入到企业的 LAN 网络。以前企业的 LAN 网络相对封闭，运营商的 WAN 业务仅需要和企业的 LAN 网络网关设备对接，现在企业多应用上云以后，运营商要将网络推进到企业的办公位以及私有云的 POP 上，打破了以前 LAN 网络的边界。此时企业需要将 IT 和 CT 系统相整合，实现轻 IT 和 CT 资产运作的模式。



图1-3 企业上云的四个趋势



1.2 运营商云网融合面临的挑战

企业上云的趋势发生了变化，运营商当前的网络能力现状，已经没有办法满足企业的上云诉求。运营商在云网融合发展上面临以下挑战：

1. 挑战一：云快而网慢

随着企业数字化进程的深入，企业云业务电商化订购，分钟级开通，但是网络的开通，需要等待“月级”时间才能打通企业侧到云侧之间的联接。以某银行信息中心给出的数据为例，业务部署时长上比较，云开通时间<1 小时，而网开通时间为 33 天。

运营商要想解决云快网慢的问题，通过实现网络能力服务化和 OSS/BSS 易集成，向云网一体化转型。

2. 挑战二：多云难接入

根据 Flexera 发布的调查数据，93%的企业将采用公有云，这其中 74%的企业会采用混合云模式，企业有一点接入、多云联接的诉求。单网、单云的服务不满足企业诉求，企业需要一张全球可达的上云专网，便捷实现云+网的服务。

运营商要想解决多云难接入的问题，需要将当前多线多云的服务方式向一线多云转变。

3. 挑战三：体验难保障

企业核心生产系统上云之后，企业不满足于业务通过 QoS 来保证 SLA，原因是 QoS 无法提供确定性和可视化的业务体验。同时企业还需要网络有稳定的时延，时延不稳会导致业务受损。以高速铁路列车为例，列车和控制点之间的时延要求单向 10ms，不满足可能会造成列车失控。

运营商需要对网络做整改，改变以前尽力而为的转发模式，转为提供确定性体验。例如通过网络切片的方式，为业务提供专属的承载切片，保证业务的带宽能保证。同时网络具备智能故障分析和业务随流检测的能力，实现故障自动检测和自愈。

4. 挑战四：云网安无协同

到 2025 年，企业生产系统上云率高达 75%，生产系统上云后，企业原有的网络边界被打破。企业安全需要从防火墙为企业提供的单点防护，转变为端、网、云到应用的端到端安全协防，构筑立体防护能力。

运营商需要解决云网安无协防的问题，由单点安全防御向云网安一体转变。

1.3 运营商智能云网是什么

智能云网，是面向云时代，第四次工业革命的全新业务网，为千行百业输送充沛算力。华为智能云网解决方案提供网络即服务、多云灵活联接、确定性体验、云网安一体能力，助力运营商为企业提供云网一体化调配、云网一致性体验和云网安一体化防御等上云体验，支撑运营商提升行业 DICT 整体服务能力。

智能云网的本质还是一张业务网络，通过赋予它特殊的云网融合能力，深化与云的融合，便捷实现“云调网”、“网调云”和“云调云”。

- “云调网”是最终用户在第三方云服务商 Portal 界面申请“云业务”，再选择预集成的运营商，订购上云专线。
- “网调云”是最终用户在运营商 Portal 界面申请“专线”，再从业务受理平台中选择已预联接的多云。
- “云调云”是最终用户在运营商建设的多云管理平台上，实现多云间的业务订购。

智能云网能帮助企业成功的实现数字化转型。一个真正意义的智能云网必须具备四个关键能力：网络即服务、多云灵活联接、确定性体验和云网安一体。

网络即服务

当前，运营商的网络和云各自分离，由各自不同的部门管理和运维，存在业务的开通难、故障运维效率低和北向集成难等问题。

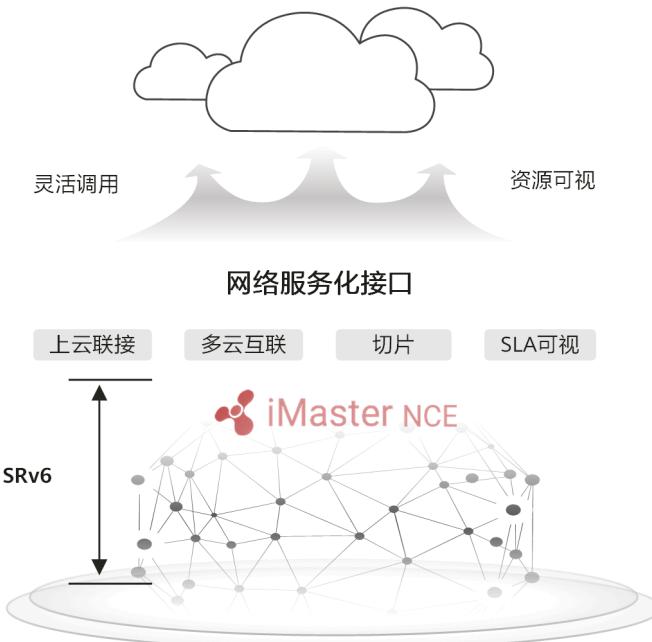
- 业务开通需要网络部门和云业务部门的沟通和协调，各自协商对接资源，耗时耗力，开通一个云网业务需要 1 个月以上。
- 由于业务分段开通，对接点多，遇见故障的时候需要逐点排查，故障恢复时间长，运维效率低。
- 现有的 O 域（操作&运维域）结构复杂，多厂家共存，对接 API 接口 1000+的参数，北向预集成困难。

智能云网具备的“网络即服务”将网络作为一种服务提供给企业用户，将以前网络具备的联接属性转变为一种服务能力，也可以理解为网络能力服务化。

网络能力服务化解决了云快而网慢的挑战，参考图 1-4，让运营商的网络具有云网一致性体验。

- CPE 终端硬装即设备开通。业务开通快，资源具备情况下，业务上线与业内水平对比从数天降到数分钟。智能网络控制器实现网络切片和业务一键下发。
- 故障定位快，网络自愈，用户无感知。业务通过 SRv6 端到端承载，网络无断点。通过智能网络控制器，实现网络资源 SLA 可视和业务 SLA 可视；网络故障自动定界定位，90%以上的故障能在 5 分钟内完成根因定位。
- 网络服务化接口设计，北向集成快。API 服务接口从网络级的上千个参数，简化到租户级的数百个，集成难度降低 90%左右。API 接口灵活调用网络资源，运营域轻松实现资源可视。

图1-4 网络即服务的优势



多云灵活联接

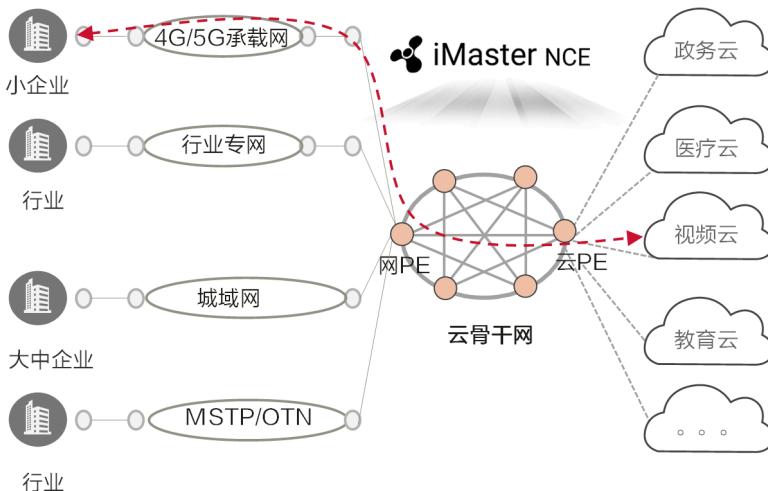
以前大部分企业上云的需求单一、不旺盛，一般优先把互联网应用等放在公有云上，生产系统部署在自建的私有云上面。随着企业 IT 信息化的深入，各类信息系统和核心生产系统等也迁移到公有云/行业云上。随着上云细分场景增多，多云或者混合云已经成为大多数企业的必备选择。

以前运营商都是点到点逐条部署上云专线业务，一个上云业务部署一条专线。企业上多云的场景下，这种部署方式不够灵活，给企业和运营商都带来挑战。

智能云网的多云灵活联接解决了多云难接入的挑战，点到多点专线端到端自动开通，如图 1-5 所示。

- SRv6 端到端云路径跨域快速打通，智能网络控制器实现业务一键下发，业务分钟级开通。
- 多云预联接。云骨干网络的云 PE 物理预联接多云，iMaster NCE 预集成 10+ 的主流云服务商。企业用户在选择不同的云服务商提供的应用时，选择一家网络运营商提供上云接入专线。企业用户仅需要开通一条专线即可实现多云的灵活访问。
- 入网即入云。云骨干网络的网 PE 物理预联接多网，业务开通上选择 L3VPN 的业务模型。企业一个业务接入点接入运营商网络，即可实现全网所有网络节点可达，上云、上网随心选。

图1-5 一线入多云



确定性体验

以前 IP 网络采用尽力而为的转发方式，企业用户的业务体验不好。

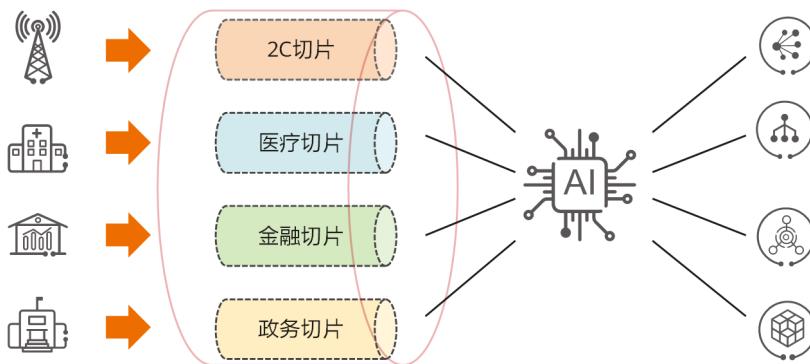
- IP 网络链路共享，业务带宽不能完全保证。例如同链路的一个业务发生突发大流量时，会抢占同链路其它业务的带宽。
- 网络出现故障的时候只能被动响应，人工干预，故障恢复时间不能保证。

部分企业用户为追求更高品质，选择 MSTP 专线或者 OTN 专线来承载业务，但是这类专线不够灵活，而且成本比较高。

智能云网具备的确定性体验解决了体验难保障的挑战，提升企业用户的业务体验。如图 1-6 所示，确定性体验主要是业务隔离和 AI 智能运维。

- 关键业务隔离是指通过切片等新技术，能够让企业用户的业务有专网级的业务体验。切片业务专网可保证用户隔离、业务带宽和网络 KPI 性能。当前，网络切片可实现切片数量按需随用随切，可实现 M 级粒度的切片带宽。华为云端支持 6 路业务接入，网络侧一根光纤通过切片技术实现不同业务间的隔离。
- AI 智能运维，业务质量有保证。网络 KPI 通过随流检测技术（iFIT）实时检测，提前发现问题。智能网络管控器存储有华为公司 80000+ 网络故障处理案例，通过案例的知识图谱算法，智能学习能实现 400+ 种故障自动定位。智能网络管控器还能根据学习结果自动处理部分非人工介入的故障，实现故障自动恢复。

图1-6 确定性体验



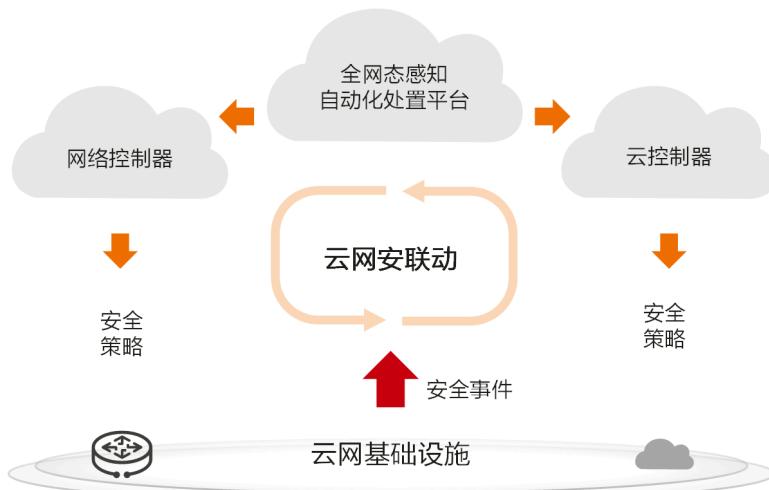
云网安一体

由于上云的业务越来越多，企业用户开始关注上云过程中的安全问题，这里的安全，不仅仅是云平台的安全，还有网络的安全。以前我们对网络的安全重点放在防范对网络设备的攻击，都是单点防御的模式。以企业上云为例，企业的 LAN 网络、运

营商网络和云资源池分别单点部署各自的安全防护策略，出现安全风险时需要逐一排查，无法及时有效阻断风险源。

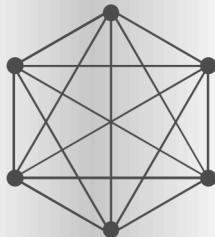
智能云网的云网安一体解决了云网安无协同的挑战，企业上云有保障。智能云网解决方案的总体思路是：

- 网络控制器通过安全策略保证网络基础设施的安全，云控制器通过安全策略保障云的安全。
- 设置一个全网安全态势感知处置平台，执行对云网基础设施的安全监控，调动网络控制器和云控制器，实现云网一体化的安全保障。
- 全网安全态势感知处置平台通过智能分析，安全事件精准定位，分钟级响应安全预警并快速执行源端阻断，实现威胁检出率从 60% 提升到 96%。



运营商通过部署智能云网，不仅仅能解决企业上云给运营商网络的挑战，还能有效应对 OTT 厂商的竞争。运营商具备条件实现“一网多云”，即云下一张网，而 OTT 只能实现“一云多网”。对用户而言，“多云随选”是最终的需求目标，企业用户通常只会选择一家运营商来提供网络服务，运营商的“一网多云”更契合未来“云网融合”的发展要求，运营商一定要抓住企业用户数字化转型的窗口期和机会点。

产品选择



韦乐平先生在上海市通信学会成立四十周年上的讲话中提到：“未来十年，云网融合是电信业深化转型和科技创新的大方向和最新的前沿，是运营商最后一次重要的深度转型和技术上的机遇”。

运营商智能云网的建设已经刻不容缓，不仅有来自业务的挑战，同时也有国家政策的驱动。中国在 2021 年政府工作报告中明确提出 2021 年中小企业宽带和专线平均资费再降 10%，“降费”连续五年被写入政府工作报告的战略诉求。降资费看似对运营商利空，实际上，不仅长期对千行百业数字化发展利好，对运营商来说也是扩大用户基数、转型增值业务、扩大云网服务空间的一剂强心针。

1.4 运营商发展智能云网的态度

当前中国区的智能云网业务快速发展，各运营商对云网持积极的态度，分别针对智能云网的建设密集发声，各自阐明智能云网对未来业务发展的重要性。

- 中国电信提出：云网融合是新型信息基础设施的核心。中国电信提出云网融合四层内涵定义：网是基础、云为核心、网随云动、云网一体。

- 中国联通提出：云网一体，多云协同；专属定制，安全可信；三到五年成为云网业务的第一梯队。
- 中国移动提出：云既是新型信息基础设施，又是战略型关键业务，要进一步提高思想意识，凝心聚力，力争三年内进入国内云服务商第一阵营。

各运营商纷纷建立智能云网创新项目，快速推出面向企业用户的智能云网产品，抢占智能云网业务市场。以中国电信为例，分析下中国电信在智能云网上的发展情况和目标。

2018 年中国电信提出“像光改一样做云改”的战略口号，目标是做混合云的领导者。“光改”主要是面向网络的一场技术革命，“云改”是面向云应用的一场深层次的业务革命，需要用业务的眼光来看待“云改”这项改革创新工作。在此战略背景下，中国电信云网融合布局：2（国家级）+4（城市群）+31（省中心）+X（边缘计算），它既是一张网，也是一朵云，入网即入云。

2020 年中国电信在 CT2025 的基础上，又进一步提出了“网是基础，云为核心，网随云动、云网一体”的 CT2030 云网融合发展战略。

图1-7 中国电信的战略发展目标



2020年11月中国电信发布的《云网融合 2030 白皮书》是对 2016 年发布的《CTNet2025 网络架构重构》的升级。白皮书中提出了“云网融合”的基本特征：一体化供给、一体化运营、一体化服务，并提出了云网协同、云网融合、云网一体三个发展阶段。

第2章

智能云网方案的价值

摘要

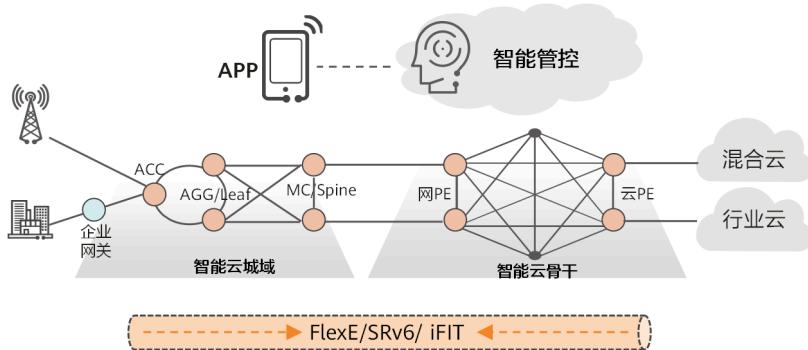
华为智能云网解决方案能解决运营商云网融合过程中的挑战和困难，助力运营商为企业提供云网一体化调配、云网一致性体验和云网安一体化防御等上云体验，支撑运营商提升行业DICT整体服务能力。本章重点讲解华为智能云网解决方案突出的“5个1价值”。

华为运营商智能云网解决方案以 IP 网络为基础，帮助运营商构建领先的云网融合服务能力，加快医疗、教育、政务、煤矿等行业用户数字化转型进程。

华为智能云网目标网络架构如图 2-1 所示。



图2-1 智能云网目标网络架构



华为运营商智能云网解决方案的目标网络架构包括智能云域、智能云骨干和智能管控。

- 智能云域采用 Spine-Leaf 结构，易于实现接入点扩展接入。
- 智能云骨干的网 PE 和云 PE 采用 Full-mesh 方式组网，在实现一跳业务路径可达的基础上，还能易于实现云资源池和智能云域的扩展接入。
- 智能管控层实现了网络的智能管理和业务的智能运维，同时通过北向接口，将网络能力呈现给企业用户。

华为运营商智能云网解决方案网络层面整网部署 FlexE 技术，网络切片能为业务提供确定性体验；整网部署 E2E SRv6，不同的 SRv6 云路径实现差异化服务；整网部署 iFIT 技术，实现业务实时随流检查。

华为运营商智能云网解决方案的目标网络架构在业务层面具备了五个价值：一跳入云、一网通达、一键导航、一纤多用和一体安全。

2.1 一跳入云

以前的企业用户上云业务，基础网络采用分段分级的方式开通业务。不同网络使用不同的协议，协议复杂对接难度大对于用户和运营商来说都是不小的挑战。

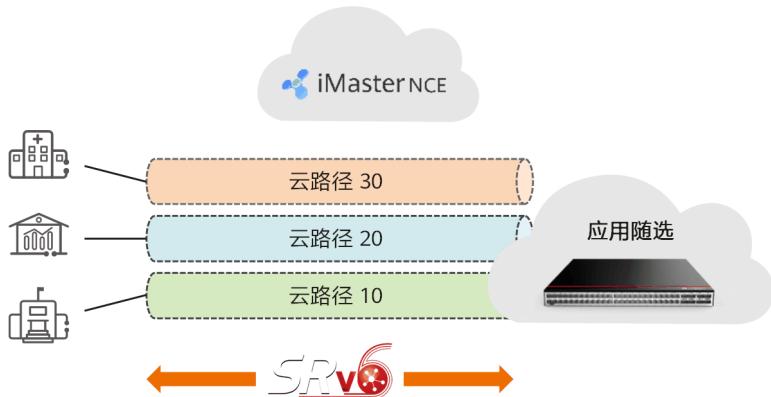
例如某银行用户，具有办公和生产业务上云的需求，办公业务通常有上公有云的需求，生产业务通常上行业云。此时这两个业务对承载的要求各不相同，办公业务要求高带宽，生产业务需求低时延，高安全。这些业务需求落实到运营商的网络上，可以归纳为以下几点：

1. 银行分支节点多，需要多网络协同才能满足多站点接入，业务模型需要 L3VPN。
2. 业务开通时间要短并便捷，业务一键下发。
3. 办公业务和生产业务要相互隔离。
4. 生产业务要求低时延，需要专网级的保护。

智能云网通过云路径使能业务分钟级一跳入云，同时提供差异化的业务承载体验。云路径实现了在运营商网络中一跳业务路径即可访问云业务，避免了多次业务隧道对接的问题；云路径可以基于带宽或者时延差异化生成。云路径的实际应用场景参考图 2-2。

- 智能云网推荐采用 SRv6 协议，通过简化网络控制层协议，降低不同网络的协议对接难度。
- 智能云网的云骨干网络提供多云和多网的灵活联接，用户业务通过 SRv6 云路径实现跨域打通，通过技术优势打破业务流程壁垒，实现了 SRv6 业务隧道的 E2E 建立，解决云网业务开通难的问题，实现业务分钟级一跳入多云。
- 智能云网实现了云业务路径的智能化选择，运营商提前规划差异化的业务服务套餐。例如银行的办公业务可选择高带宽的云路径 30，生产业务可选择低时延的云路径 10。

图2-2 差异化云路径



2.2 一网通达

运营商在开通云网专线业务的时候，通常是采用线下工单流转。线下工单存在流转慢、流转过程不可视、多部门多次协商对接参数的弊端，通常需要长达数月才能开通业务。业务跨不同网络集成的时候，一次集成需要对接 1000+的参数，对接难度大。

例如一些大型连锁商超或者房屋中介的门店，这类企业的需求有以下几点。

1. 门店分布广，站点多，联接量大。
2. 开店要求快，最好能实现电商化的服务，节约门店成本。
3. 轻硬件资产，云上办公，有多云访问需求。

面向这类用户的需求，智能云网将网络服务化，企业用户业务使用网络资源像用云服务一样敏捷，如图 2-3 所示，主要通过以下几项措施实现：

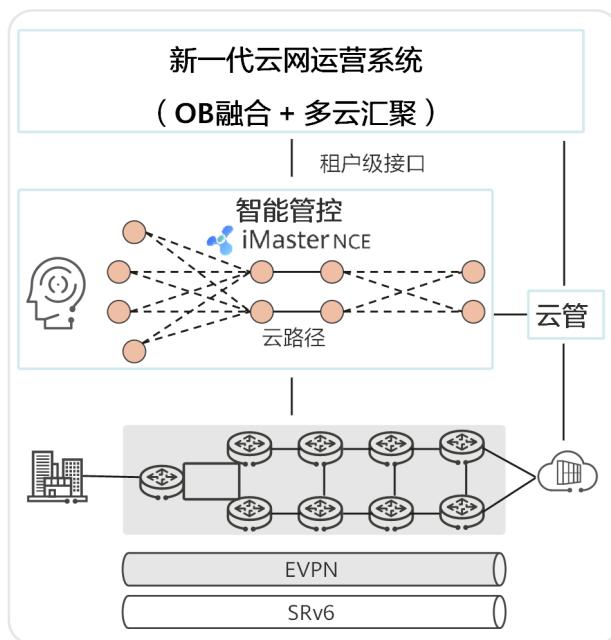
- 网络服务化的架构设计，智能管控器北向提供确定性的租户级 API 接口，屏蔽网络实现细节，降低系统集成时间 90%。

- iMaster NCE 具有智能分布式算路能力，实现任意网络，任意类型的业务联接模型。iMaster NCE 还支持超大规模组网管理，满足海量租户全球互联需求。

智能云网架构中的智能管控器提供了 8 个租户级的北向 API 接口，实现了北向集成的极简化，对接参数仅上百个。同时智能云网建设的新一代云网运营系统，实现运营商业务开通全流程线上订单，业务“天级”即可开通，支持企业用网可以像用云一样便捷，提升企业用户的业务体验。

智能管控平台的算路能力，实现了上云路径一跳直达，并能提供差异化的云路径。智能管控平台还提供大规模的联接服务能力，实现故障毫秒级的收敛，满足企业用户大规模组网的需求。

图2-3 网络服务化



2.3 一键导航

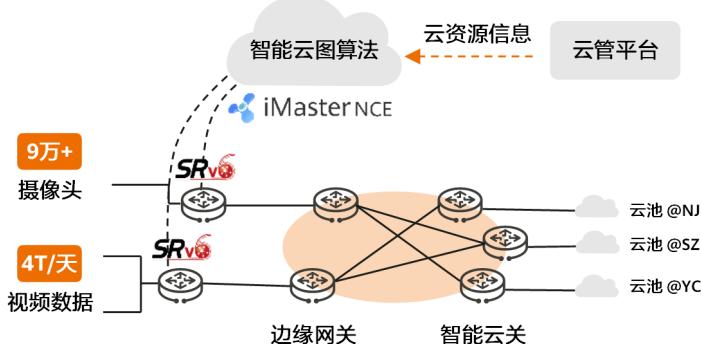
云资源池都倾向于集中式建设，便于设备的管理和维护。由于不同地域的经济发展不均衡，云资源池的使用率不尽相同，存在云算力使用不均衡的情况，导致云资源的投资浪费。根据了解，部分经济欠发达地区的运营商云资源利用率不足 38%。

例如某运营商在 A 省和 B 省分别建有集团层面的云池，A 省为发达省份，B 省经济稍微弱一些，集团建设有云骨干网络将这两个云池都做预联接。当前 A 省云池资源利用率高达 80%，云池和网络对接的链路利用率已经比较高，而 B 省云池资源利用率仅 20%，云池和网络对接的链路利用率非常低。此时运营商再有新增 A 省或靠近 A 省的企业上云业务的时候，需要将这部分业务智能调度到 B 省的云池上。

智能云网通过智能云图算法，实现云网一体调度，提高了资源的利用率。通过相关部门测算，能提升云资源利用率 30%，节约投资 3000 万。

智能云图算法依赖于智能管控平台，原理是结合网因子加云因子，为企业提供一条最优上云路径，如图 2-4 所示。

图2-4 智能云图算路



智能云图算路结果，即企业上云路径可能不是物理意义上的最短路径，而是结合网因子和云因子综合选择的一个最佳路径。网因子主要包括带宽、可靠性和时延等。云因子包括成本、资源利用率等。智能管控平台将不同云池的不同业务路径做综合测

算，结合云管平台收集的可服务云池信息，最后综合评判出最佳的上云路径和服务云池。

智能云网在使用智能云图算法以后，就像拥有了智能交通调度系统，为企业用户上云规划一条最优承载体验的推荐路径。

2.4 一纤多用

企业用户侧通常会有多种不同类型的业务，例如办公、生产和安全视频等。由于这些业务的差异性，通常使用不同的专线业务承载，这就导致需要使用不同的业务接入终端，造成用户投资浪费。

例如医院用户，通常医院主要有医保业务、安全业务、视频会议、影像上云、无线监护、远程 B 超这六种业务，由于这六类业务属性不同，业务流向不同的云池和应用，而且对业务承载的 SLA 还有差异化要求。视频会议需要高带宽低时延；影像上云需要高带宽，但是使用时段集中在凌晨；医保业务要求安全和低时延；无线监控需要广覆盖，安全抗干扰等需要。医院通常需要建设六张业务网络，由于传统 CPE 终端业务接口少，需要使用多个终端接入业务，产生很高的总拥有成本 (Total Cost of Ownership, TCO)。同时传统 CPE 终端性能低，无法实现业务 E2E 管理和运维，业务体验无法保障。

医院的需求映射到运营商的网络需求，可以总结为以下几点：

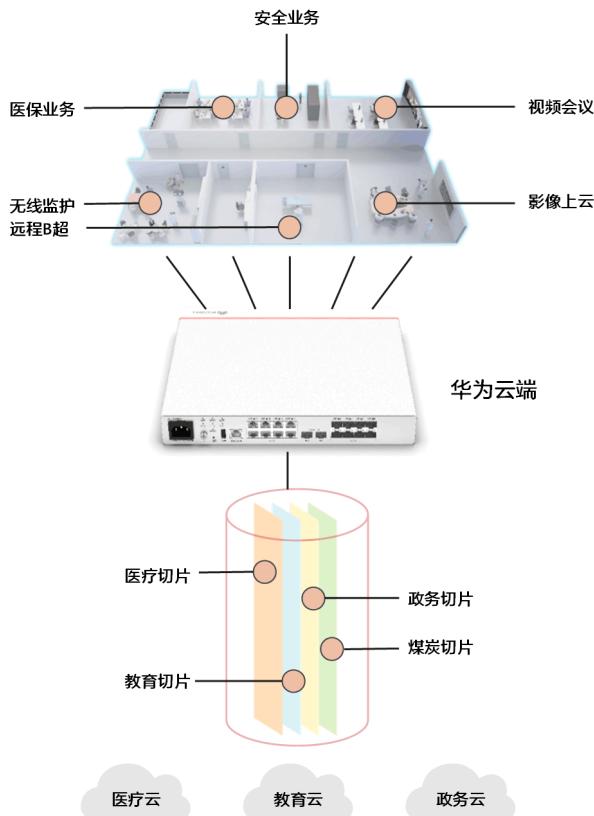
1. 业务接入侧统一，不同业务可以使用一个 CPE 终端接入。
2. 网络侧一条专线，能够实现多云访问，无需选择多家运营商专线服务。
3. 网络侧不同业务之间能实现隔离，保障业务体验。

智能云网解决方案推出高性能的华为云端 CPE，帮医院实现一个 CPE 终端，支持六种不同业务接入多云的目的，如图 2-5 所示。

1. 华为云端 CPE 支持光/电口的业务接入，各有 6 个接口，支持最多 12 个业务的接入。

2. 华为云端 CPE 具备业界唯一 10GE 端口切片能力，实现企业业务出口即入专网的业务承载，降低用户在不同网络、不同运营商之间开通业务的难度。只需要选择一家运营商，即可提供多云多应用服务。
3. 华为云端 CPE 结合网络侧“层次化切片”架构设计，实现企业侧接入视频监控、办公上网、远程会议等多种不同 SLA 诉求的业务。
4. 华为云端 CPE 支持 iFIT 特性，结合智能网络管控平台的能力，能够实现 400+种的故障自动定位和自愈，减少人工干预，提升运维效率。

图2-5 华为云端 CPE 高效业务承载



运营商基于一个物理网络，通过切片技术，网络侧只需要一根光纤，能提供不同行业、不同 SLA 需求的层次化切片，为各行各业提供确定性业务体验，实现精细化体验保障。例如医院用户，提供专属的医疗行业切片，在行业切片上，还可以根据不同的业务的应用 SLA 差异，再次做更小颗粒的切片，实现“片中片”功能。“片中片”能够支持 1000+切片数量，运营商在不增加设备的情况下，满足企业用户对业务硬性隔离的需求，能够真正的帮助运营商实现 10 倍+的商业变现能力。

2.5 一体安全

以前企业上云的安全问题，都是单点或者单面来解决，例如企业用户各自在业务出口建立安全防护系统，运营商在网络中自建安全防护系统，云服务商再建立各自的安全防护系统。这种各自为政的安全防护，不能有效隔离攻击源，用户业务受到影响以后，需要逐段排查攻击源，效率低。

例如金融用户的营业网点，由于营业厅面向大众，同时还负责用户的上网接入，由于金融业务的特殊性，需要高带宽低时延，同时要求具有高安全的防护，因此每个营业网点都需要部署安全设备，每个营业网点各自处理自己的安全问题，对用户来说是一个比较大的挑战。

智能云网解决方案提出一体化的安全解决方案，实现全业务全网的安全防护。云网一体安全方案主要由两部分组成：华为天关和乾坤安全云服务，如图 2-6 所示。

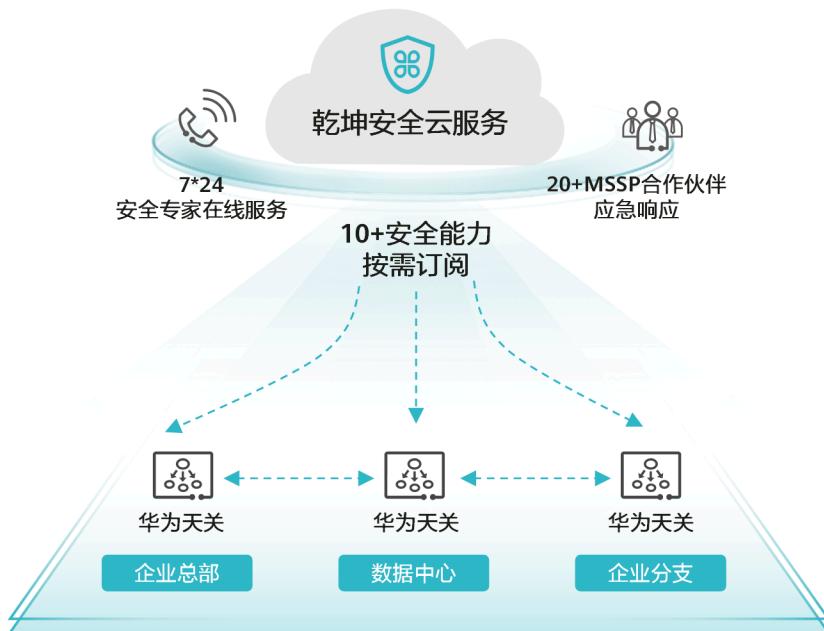
乾坤安全云服务结合企业侧安全天关，构建云网安一体的立体防御能力，具有以下一些优势和能力：

- 通过平台的智能分析和精准的威胁定位，可实现 96%的新威胁检出率。
- 通过平台的动态监测机制，实时感知不安全威胁源，实现隐秘攻击分钟级感知。
- 通过平台安全原子能力云化部署，实现全局防御和云网安联动的威胁近源阻断由天级降低到秒级，企业用户可以以订阅的方式购买云上运维和安全服务。

金融用户采用智能云网方案以后，所有的业务能够分层分级得到安全防护，安全设备和云网专线都由运营商提供和维护，金融用户不需要专门的网络运维人员，降低了用户对网络的投资。



图2-6 云网一体化安全方案



第3章

华为智能云网方案架构

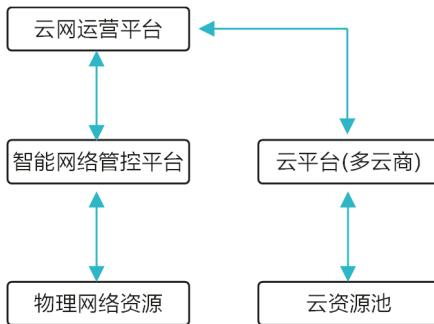
摘要

华为智能云网方案架构结合运营商的实际网络情况，从需求出发构建更理解企业用户的云网方案。本章主要介绍华为智能云网解决方案的网络功能架构、目标拓扑架构、特点以及能支持的业务场景。

3.1 网络功能架构

华为智能云网解决方案由五个网络功能构件组成，如图 3-1 所示。

图3-1 智能云网系统功能架构

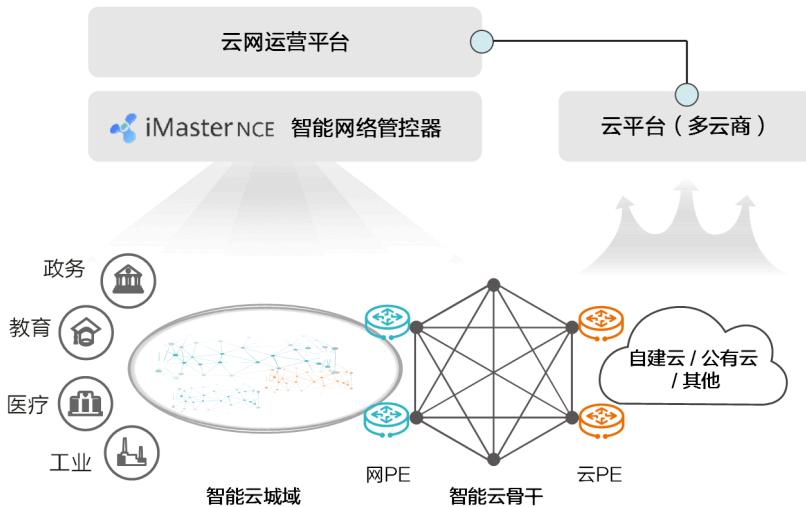


1. 物理网络资源包括了运营商的云接入网络和云骨干网络，在用户和云资源池之间提供了联接服务。网络资源是多种网络的实体组合，网络资源要和云资源池的出口网关设备完成物理对接。
2. 云资源池包括了云商在云池上提供的各类用户需要的应用，以及云资源池内部的数据通信网络，通过云资源池的出口网关设备将业务数据发向用户侧。
3. 智能网络管控器主要是网络资源的管理、分析和运维等作用，负责整个网络资源的管理，面向云网运营平台提供北向接口。
4. 云平台包括了运营商的云池资源和预联接的云池资源，需要云平台提前和相关云资源池完成预对接，如果云商已经完成和运营商的网络资源对接，在云商的云管理平台可直接选购运营商的网络服务，则此时不需要实现运营商云平台的预集成。
5. 云网运营平台对接智能网络管控器和云平台，收集网络和云资源池的空闲资源，然后将这部分资源通过业务订购 APP 呈现给企业用户。企业用户通过业务 APP 自助选择业务资源，在订购业务资源以后，云网运营平台负责将订单转换为在线流程工单。在线工单触发智能网络管理器和云平台完成资源准备以及端到端业务开通。云网运营平台还面向企业用户推送整网/云业务运行情况和智能诊断分析结果，便于企业用户自助完成业务调整。

3.2 目标拓扑架构

华为运营商智能云网解决方案的目标拓扑架构主要是构筑面向网络的能力。如图3-2所示，该网络架构阐述了不同的企业用户业务如何通过不同的网络进行差异化的业务承载。该目标拓扑架构重点规范了网络资源的构成情况，结合运营商已经建设的网络能力以及企业用户上云的实际需求，既要保护运营商的建网投资，又要考虑企业用户上云业务的体验。

图3-2 目标拓扑



智能云网定义了两个重要的网络：智能云域和智能云骨干。

1. 智能云域：智能云域面向用户的上云业务提供接入服务，智能云域是一个泛指，包括了运营商现网的移动承载网络、PON 域网络或者新建的行业专网等。智能云域由于要满足用户上云业务的确定性体验、智能调度、云网安全和电商化服务，因此这些网络至少都需要支持网络切片和 SRv6 中的一种或者两种。智能云域实现了差异化的云接入能力，面向不同行业或者用户，提供差异化的服务。

2. 智能云骨干：智能云城域面向用户提供多云互联和上多云的服务，所有的云资源池都和云骨干网络预联接，是智能云网解决方案基础网络的核心。云骨干采用 Full-mesh 的组网方式，网 PE 和云 PE 一跳业务路径可达，实现最低网络时延。云骨干网络可以是省际的网络，也可以是省内的骨干网络，正常情况下这两个网络不叠加。省内云骨干主要是联接省内的云池，保证省内企业用户上云业务不出省，省际云骨干主要是解决一些没有建云池的省份，通过该网络上其它省份云资源。比如跨省算力调度的时候，会使用省际云骨干，此时会出现数据出省的情况。在实际业务开通过程中，需要运营商根据本省的实际云池资源建设不同层面的云骨干网络。

除了以上两个网络以外，智能云网还对智能网络管控器提出了要求，除了正常的网络设备纳管和基础运维以外，还要求具备网络的可视运维能力以及开放的北向接口能力。云网运营平台要求协同网络资源和云资源，面向企业用户可视化呈现网络资源和云资源。智能网络管控器和云网运营平台需要新建或重构，才能满足智能云网的业务要求。

3.3 网络架构特点

智能云网解决方案目标网络架构具有以下特点：

1. 一体化架构，实现企业用户多种入云路径的统一业务承载。

基础物理网络分为两部分，智能云城域和智能云骨干，扁平化的两层网络，组网设备弹性可扩展，具备超大规模组网的能力。

智能云骨干通过核心节点 Full-mesh 化组网，业务节点一跳直达，实现网络低时延。

智能云城域具备弹性架构，通过 Spine-Leaf 架构设计，网络灵活扩展。根据智能云城域的分段建设按需设置网 PE，便捷实现智能云城域和智能云骨干的融合对接，同时智能云城域可以实现统一的融合网络业务接入。云 PE 则统一云资源池接入，实现多个云资源池的预联接，同时还可以向云上演进，逐步采用云上虚拟化，将网络边缘扩展进入云内，实现更紧密的云网融合。

业务接入场景上，方案支持固定+移动的双专线接入，丰富的场景适配企业全场景接入需求，实现企业用户便捷入网入云。

2. 智能联接，基于 SRv6 实现无缝跨域、时延选路、任意故障 50 毫秒保护。

通过在智能云网中部署 SRv6，多段组网具备跨域端到端业务承载能力，业务一跳入云。

IP 设备通过引入 SRv6 的可编程能力并配合智能管控器，让网络实现智能时延选路，同时具备安全可靠、用户无感知的业务路径切换。

全网统一采用 SRv6 TI-LFA 保护技术，实现了全网任意故障 50 毫秒的保护。

3. 智能切片，支撑云网业务体验可承诺。

在 IP 设备中引入 FlexE 技术，各业务使用独立的接口转发资源。传统 QoS 技术业务共用一个接口转发资源，业务报文堵塞接口以后，所有通过该接口的业务都受影响。

网络支持租户级的切片粒度，最低可实现 M 级带宽，同时支持 K 级的切片数量，满足行业最终用户的差异化服务需求。

4. 智能运营，基于网络服务化能力面向企业用户提供拓扑服务、连接服务和分析服务。

企业用户签约运营商专线服务以后，可全流程实现电商化的体验，例如在线订购、快速开通、自动调整、保障闭环和质量可视等。

运营商向企业用户提供网络拓扑服务，企业用户可实时的网络资源核查，明确业务开通时间。

连接服务主要面向运营商的 CPE 设备的即插即用，硬装即业务开通，缩短用户入网时间。

运营商向企业用户提供分析服务，在业务开通以后，业务质量实时可查，历史状态可追溯。运营商可以根据网络智能诊断结果，在线实时推送更优套餐服务，用户在线套餐自助升级，实现了运营商增值服务可销售。

5. 智能运维，面向用户业务构建“体检->看病->治病”一体化网络健康解决方案。

“体检”：通过智能网络管控器部署 iFIT 随流检测业务状态，实现网络的实时业务诊断和网络状态诊断。

“看病”：智能管控器的 AI 处理模块根据诊断结果，做故障根因分析。

“治病”：智能管控器定位故障根因后，进行故障的自动处理，实现故障自愈。

智能管控器将处理结果存档，方便用户事后查询。

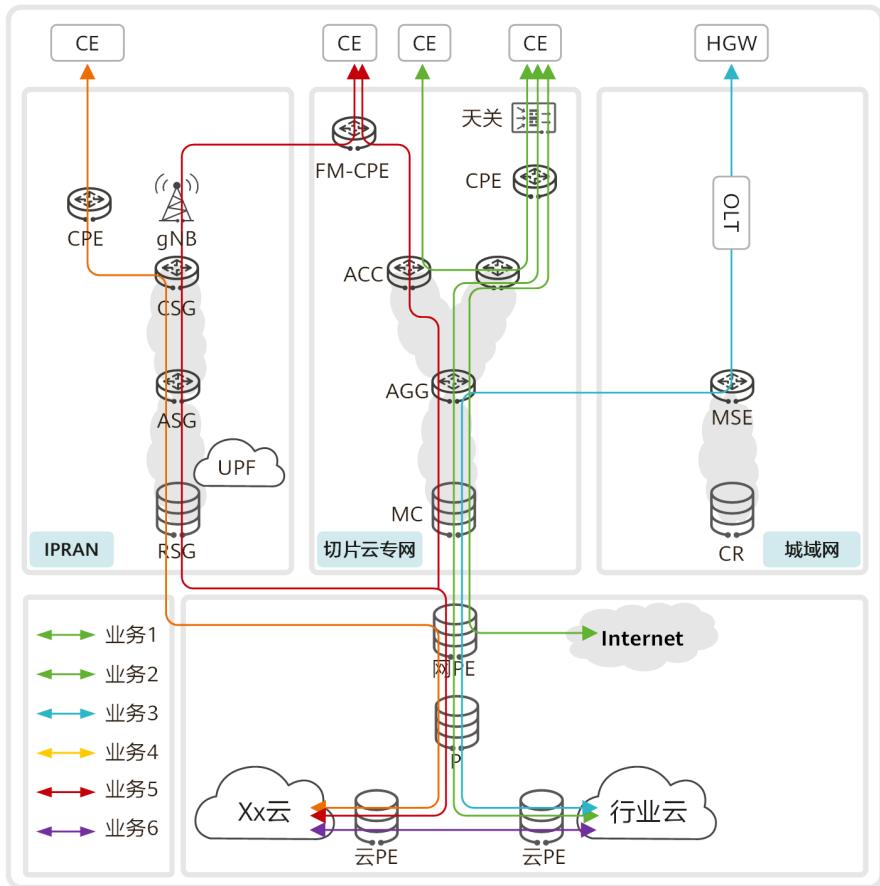


6. 建立“四维一平台”立体安全主动防御能力，通过管控安全、设备安全、业务安全和组网安全，结合智能的全网安全态势感知与自动化处理平台，实现网络和云的一体化安全防御策略，真正实现云网安一体，实现网络服务 24h*365 不中断。

3.4 业务场景

智能云网解决方案主要依托于运营商的 PON 城域网络、IPRAN 网络和新建的切片云专网，再结合云骨干网络，可以有如图 3-3 的六大业务场景，满足不同用户差异化的接入需求，实现固移融合。

图3-3 业务场景概览



智能云网方案的目标是企业用户的业务均在切片云专网中承载，能够为用户提供更好的业务体验。为兼顾运营商现网存量业务的承载演进问题，业务可通过传统的城域网或者IPRAN网络接入，然后再接入云骨干网络实现业务的加速。运营商通过差异化的接入承载体验，方便拓展不同层次的目标用户。

六大业务场景包括各自可承载的业务类型，如表 3-1，满足各业务场景下用户的多样化业务需求。

表3-1 业务类型说明

业务场景	业务类型
业务 1：行业用户	上云：行业用户上云，L3 专网 互联：行业机构间互联专网 上网：行业用户上 Internet
业务 2：企业用户	上云：企业用户上云，L3 专网 互联：企业机构间互联专网 上网：企业用户上 Internet
业务 3：固定宽带上云加速	公众、教育、政企用户上云
业务 4：存量 IPRAN 企业上云	公众、教育、政企用户上云
业务 5：5G toB 固移融合专线	固移融合专线用户上云
业务 6：省内/跨省云互联	省内云互联、跨省云互联

不同业务场景下，用户的业务诉求是不同的。例如行业用户，分支站点之间是可直接访问，所以设计业务模型的时候要采用 Full-mesh 的方式；企业用户，分支之间是控制互访的，此时设计业务模型的时候要采用 Hub-spoken 的方式。



第4章

华为智能云网关键技术/能力

摘要

“IPv6+”是智能云网最坚实的技术底座，智能云网解决方案在实际应用和部署中，使用到“IPv6+”多个关键协议和技术，本章重点介绍最为关键的SRv6、网络切片、随流检测和智能网络管控器。

“IPv6+”，是面向行业数字化转型的新一代IP网络技术，包括以SRv6、网络切片、随流检测、BIERv6和APN6等内容为代表的协议创新，以网络分析、自动调优等网络智能化为代表的技术创新。

智能云网方案中的云网融合、专网保障和体验感知等能力，分别对应使用“IPv6+”中的SRv6、网络切片和随流检测等技术。智能网络管控器结合其它网络技术实现了智能云网方案中的智能运维。



4.1 SRv6

智能云网解决方案中，主要利用了 SRv6 的跨域能力，实现业务一跳入云；SRv6 的路径编程能力，实现了基于时延的差异化云路径；SRv6 TI-LFA 保护技术，实现了全网全业务的保护，降低了业务保护部署的难度。

SRv6 协议具有以下优势：

- 简化现有网络协议，降低网络管理复杂度，更好的应对云网发展带来的挑战。
- 基于 Native IPv6 特质，SRv6 能更好的促进云网融合、兼容存量网络、提升跨域体验。
- 具备网络编程能力，业务使用 SRv6 进行路径编程，实现时延选路，满足业务的 SLA 诉求。
- 网络节点统一使用 TI-LFA 保护技术，实现任意故障 50ms 保护，无需全网部署 BFD 检测。

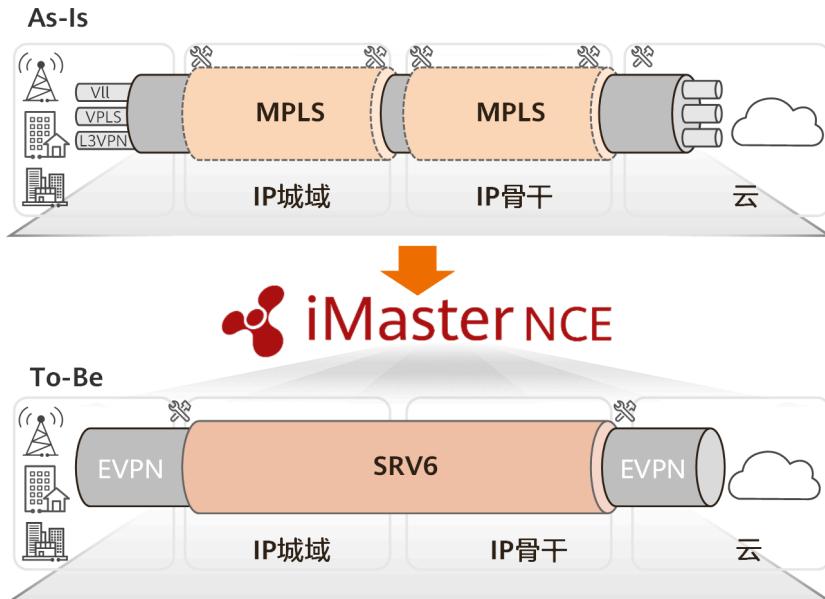
无缝跨域

如图 4-1 所示，IP 域域和 IP 骨干之间业务跨域部署时，传统 MPLS 需要分段部署和运维，业务维护点多。部署 SRv6 以后，SRv6 具有 Native IPv6 的特质，只需将 IP 域域和 IP 骨干的 IPv6 路由通过 BGP4+互相发布，就可以开展跨域业务部署，业务维护点减少，降低了业务部署和维护的复杂性。

同时，SRv6 在跨域可扩展性方面也具备独特的优势，能够基于聚合路由工作。即使在大型网络的跨域场景中，只需要在边界节点引入有限的聚合路由表项即可。

SRv6 在网络中的部署降低了对设备能力的要求，提升了网络的可扩展性。

图4-1 SRv6 跨域能力



SRv6 在跨域方面具有以下特点：

- 网络协议简化：以前 MPLS 隧道需要 10 个以上的协议才能实现跨域业务开通，现在简化到两个协议即可。
- 业务快速开通：SRv6 的 Native IPv6 特质，可以中间网络仅支持 IPv6 即可，避免了中间网络升级到 SR 对硬件的要求，降低部署难度。
- 网络节省投资：SRv6 标签可降低对设备规格的要求，网络易维护，安全性高，不需要部署高性能 IP 设备即可满足业务要求。
- 网络灵活部署：SRv6 标签通过 IGP 协议扩散方便，同时支持汇聚路由特性，易于组大网，同时具备丰富的策略控制，可实现精准的路由扩散。

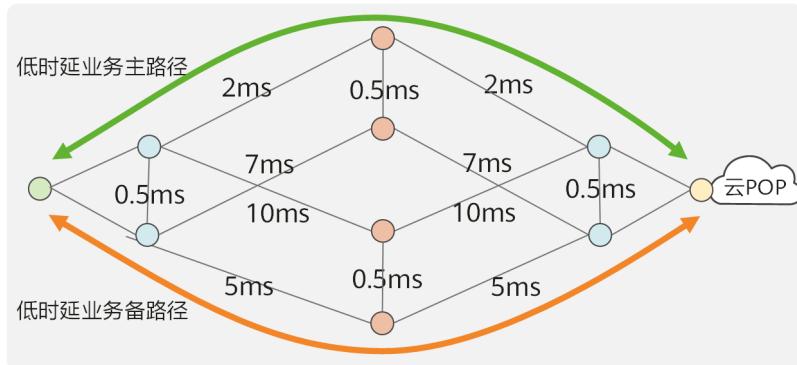
智能云网方案中，切片云专网和云骨干网络、PON 域域和云骨干网络以及 IPRAN 网络和云骨干网络，这三种网络对接分别属于不同的 AS 域，此时需要 SRv6 的无缝跨域能力实现 E2E SRv6 隧道的建立，实现业务一跳入云。

时延选路

网络基于 Native IP 只能做到尽力转发，无全局时延算路和保障能力，对时延敏感类业务（<30ms），仅仅通过 QoS 方式的业务调度模式无法实现差异化的业务承载。

SRv6 通过可扩展的报文头实现了路径的可编程能力，以此实现业务路径的差异化编排。智能网络管控器采集整网路径时延的信息，计算出端到端主备最低时延路径，然后在报文头中封装不同的转发路径并下发给设备，如图 4-2 所示。

图4-2 业务路径编排



SRv6 的时延选路具有以下特点：

- 最优时延路由：基于 IP 设备最优时延路径驱动 SRv6 policy 的建立。
- 业务快速选路：基于时延地图生成业务套餐，联动智能网络控制器实现一站式业务部署。
- 业务劣化感知：基于智能网络管控器对物理链路，业务和隧道的实时状态检测，及时生成检测报告并通过开放的北向 API 接口提供给 B 域去做集成，最后及时呈现给用户做业务自助调整。
- 路径时延调优：基于智能网络管控器对网络的实时检测，例如某段链路性能劣化，发现隧道路径需要重新计算的时候，智能网络管控器自动重新优化最优路径并做

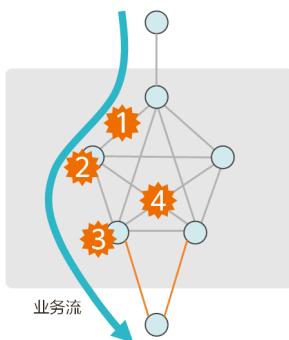
业务切换，做到网络性能劣化不影响业务并对用户不感知。同时智能网络管控器还会生成优化报告提供给用户查询。

智能云网解决方案中，通过全域部署 SRv6，结合智能网络管控平台，能够轻松实现 SRv6 E2E 目标隧道的建立。业务隧道的建立规则可以基于用户的实际需求设置，例如带宽或者时延，这样就形成了差异化的业务服务模型。智能网络管控平台生成不同时延的网络拓扑地图，通过北向接口将网络能力开放给用户自助选择。

统一保护技术

以前的 IP 网络采用 MPLS 技术，业务在网络中分段保护，整网故障收敛时间较长 ($>300ms$)。由于受到 IP 设备 BFD 检测规格限制，运营商无法进行大规模组网的业务保护部署。

SRv6 with TI-LFA 实现了本地保护，无关网络拓扑，替代传统的端到端 BFD 检测，满足业务持续发展诉求。



故障点	故障类型	保护技术	保护时间
1	链路故障	SRv6 TI-LFA	50ms
2	中间节点故障	SRv6 Midpoint protection	50ms
3	尾节点故障	VPN FRR	50ms
4	微环丢包	SRv6 microloop avoid	0

SRv6 的统一保护技术具有以下特点：

- 业务快速保护：所有网络和业务使用统一的保护技术，实现了端到端的统一保护。
- 组网规模任意：SRv6 适用于任意规模的组网，不需要端到端 BFD 检测需求，满足业务持续扩展诉求。
- 任意网络拓扑：由于 TI-LFA 技术采用的是本地保护方式，和网络拓扑无关，实现任意网络拓扑的 100% 可靠性保护。

智能云网解决方案依托于 SRv6 以及整网设备的保护技术，简化网络保护部署，实现业务质量 SLA 可视，故障主动预防，故障分钟级感知、分钟级修复、零投诉。

4.2 网络切片

为了在同一张物理网络上满足不同业务的差异化需求，业界提出了网络切片的概念。网络切片方案涉及多个标准组织，包括 3GPP、IETF 等组织。IETF 组织负责承载网部分，其 Enhanced VPN Framework (VPN+) 文稿中关于承载网网络切片的定义如下：网络切片是一个具有特定网络拓扑，包含一组共享或专用网络资源的逻辑网络，为用户提供业务所需的联接、适当的隔离和确定的 SLA。

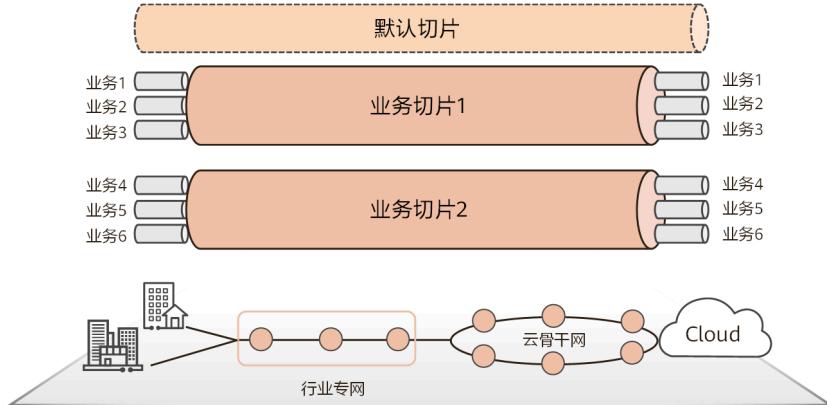
网络切片是一个端到端的概念，涉及业务的每个部分。智能云网解决方案在网络中主要使用 FlexE 技术来做切片部署。经过智能云网方案加持下的网络切片具有以下特点：

1. 切的好：切片后时延稳定、0 丢包，实现切片之间的硬隔离，带宽保证，切片之间业务互不影响。
2. 切的细：华为支持最小 10Mbps/slice 粒度，当前业界普遍仅支持到 5Gbps/Slice。
3. 切的多：50GE 接口 1000+ 切片，可以实现更多业务隔离的需求。
4. 切的快：分钟级切片部署，实现业务的快速部署，切片可以通过网络智能管控器提前预部署，也支持随业务部署，实现随用随切，同时还支持“片中片”。
5. 切的稳：切片带宽动态调整，业务稳定，支持基于切片的 SLA 可视等智能运维能力。

目标网络做切片管理以后，通常存在两种类型的切片：

- 默认切片/基础切片：为切片前的物理网络，承载基础的 IGP/BGP 协议，还可以作为业务切片的容灾备份。
- 业务切片：基于业务 SLA 要求创建的切片，不同业务切片之间逻辑或者物理隔离。

图4-3 切片示意图

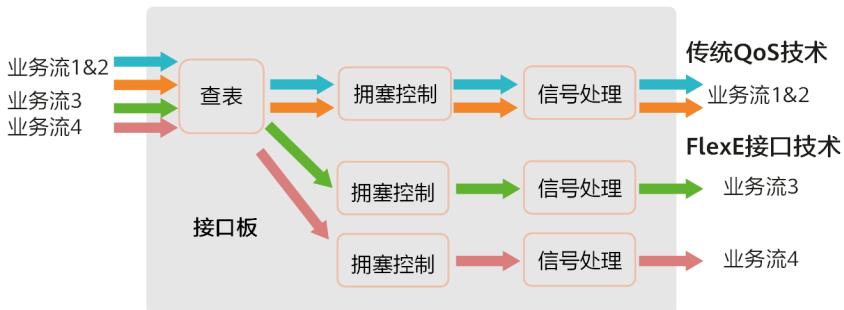


FlexE 接口技术优势

以前的大部分业务在 IP 网络中通过 QoS 的方式实现业务优先级的调度。QoS 技术本身强依赖于硬件转发资源，在调度过程中各业务全程共用一个硬件转发资源。根据 QoS 的调度原理，高优先级业务优先调度发送，只能实现先进先出的原则。当报文堵塞转发接口的时候，导致后继报文的时延和抖动会增加，问题严重的时候还会出现丢包。

FlexE 接口技术实现了业务独占逻辑的业务硬件资源，在业务转发过程最关键的拥塞控制流程中，不同业务走不同的硬件资源，避免了拥塞和排队，保证了切片间业务各不影响。QoS 和 FlexE 接口技术转发过程中对硬件资源使用差异参考图 4-4。

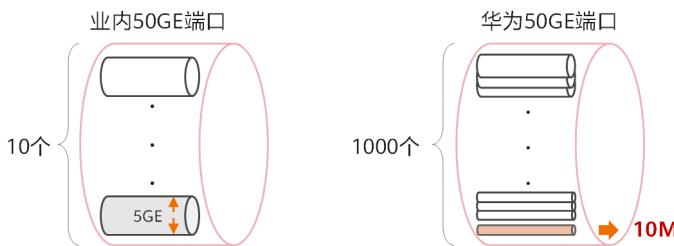
图4-4 转发硬件资源使用差异对比



精细化切片

切片粒度的大小，最好和用户实际业务需求带宽之间有一个最小的间隔，通过对某运营商 IP 专线业务的统计分析发现，IP 专线以 100M 以下为主，数量超万条。这说明切片的最小粒度需要满足到最大规模的用户群，当前大部分设备厂商仅支持 5G 的切片粒度，这就容易造成切片资源的浪费，因此可以说 IP 设备端口支持 FlexE 切片最小粒度的能力决定切片是否可大规模商用。

图4-5 切片粒度对比



从图 4-5 可知，以 50GE 的端口为例。如果是 5G 粒度的切片，整个端口或者网络仅支持 10 个切片，只能部署行业聚类业务。华为的 FlexE 接口技术支持 10M 粒

度，整个端口可以支持 1000+的数量，充分满足各类用户的承载需求，不会造成切片资源浪费。

华为智能云网解决方案还支持基于 FlexE 切片级智能管理，实现了切片自动化、SLA 可视化和敏捷运维。

- 切片自动化：切片由以前人工的“天级”到智能网络管控器的“分钟级”部署，实现切片快速部署和按需扩容。
- SLA 可视化：智能网络管控器实现业务级切片的网络拓扑和资源的可视化，同时支持业务的 SLA 可视。
- 敏捷运维：分钟级切片计算和管理；分钟级切片创建和按需调整，业务无感知。

4.3 随流检测(iFIT)

智能云网解决方案中，部署 iFIT 随流检测技术，业务体验可视可管理。网络中部署 iFIT 后，能够实现业务包括业务时延和丢包的逐跳 KPI 检测和端到端 KPI 检测。

传统的网络运维方法并不能满足用户上云业务的高可靠性要求，突出问题是业务故障被动感知和定界定位效率低下：

- 业务故障被动感知：运维人员通常只能根据收到的用户投诉或周边业务部门派发的工单判断故障范围，在这种情况下，运维人员故障感知延后、故障处理被动，导致其面临的排障压力大，最终可能造成不好的用户体验。
- 定界定位效率低下：故障定界定位经常需要多团队协同，团队间缺乏明确的定界机制会导致定责不清；人工逐台设备排障找到故障设备进行重启或倒换的方法，排障效率低下；此外，传统 OAM (Operation, Administration and Maintenance，操作、管理和维护) 技术通过测试报文间接模拟业务流，无法真实复现性能劣化和故障场景。

iFIT 通过在网络真实业务报文中插入 iFIT 报文头实现随流检测。相较传统运维技术，有以下一些优势：

- 高精度多维度检测真实业务质量。



iFIT 真实还原报文的实际转发路径，配合 Telemetry 秒级数据采集功能实现网络 SLA 的实时监控，丢包检测精度可达 10^{-6} 量级，时延检测精度可达微秒级，能够支撑对故障的完全检测、秒级定位。

iFIT 不仅支持精准检测每个业务的时延和丢包统计数据，还支持通过扩展报文实现逐包、乱序等多种性能数据统计。

- 灵活适配大规模多类型业务场景。

iFIT 支持在头节点按需定制端到端和逐跳检测，中间节点和尾节点一次使能 iFIT 即可，中间节点不支持 iFIT 的设备可以透传 iFIT 检测流，可以较好地适应设备数量较大的网络。

iFIT 检测流可以由用户配置生成（静态检测流），也可以通过自动学习或由带有 iFIT 头的流量触发生成（动态检测流）。

iFIT 无需提前感知转发路径，能够自动学习实际转发路径，避免了需要提前设定转发路径以对沿途所有网元逐跳部署检测所带来的规划部署负担。

iFIT 适用于二、三层网络，也适用于多种隧道类型，可以较好地满足现网需求。

- 提供可视化的运维界面。iFIT 可以提供可视化的运维能力，用户可以通过智能网络管控器可视化界面，根据需要下发不同的 iFIT 监控策略，实现日常主动运维和报障快速处理。

日常主动运维：日常监控全网和各区域 TOP5 故障、站点状态统计、网络故障趋势图以及异常站点趋势图等数据；在 VPN 场景下，通过查看端到端业务流的详细数据，帮助提前识别并定位故障，保证专线业务的整体 SLA。

报障快速处理：在收到用户报障时，可以通过搜索站点名称或 IP 地址查看业务拓扑和 iFIT 逐跳流指标，根据故障位置、疑似原因和修复建议处理故障；按需查看 7*24 小时的拓扑路径和历史故障的定位信息。

智能云网在部署 iFIT 后，实现业务保障闭环，包括一分钟业务质差感知、一分钟故障定界和故障自动修复，零投诉。

一分钟业务质差感知

业务质差的感知通常需要通过以下两个阶段来实现：

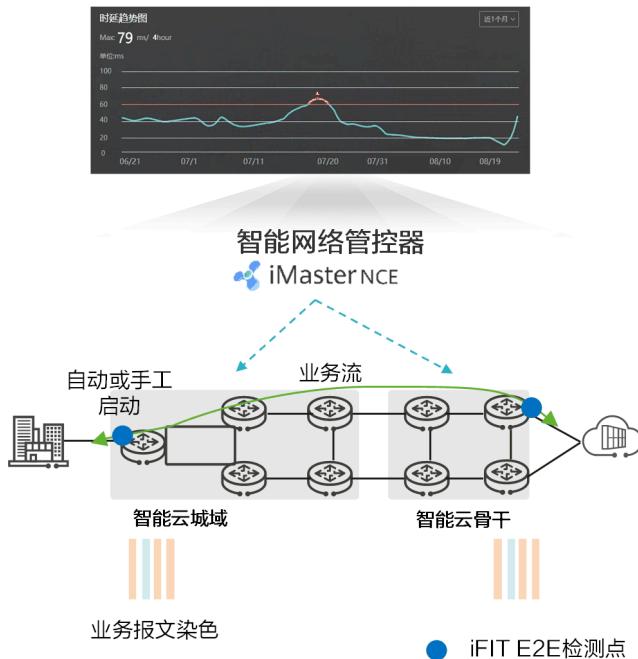
1. 启动 E2E 检测。通常情况下，在业务接入点上，通过自动或者手工的方式，选择需要检测的业务流。设备识别到该业务流后，启动 iFIT E2E 检测。



2. E2E 质量呈现。业务头节点基于识别的业务流，生成唯一的检测流 ID，封装在 iFIT 报文头中。业务尾节点启动 E2E iFIT 检测并周期性上报智能网络管控器。智能网络管控器计算并呈现 E2E 业务 SLA (如丢包、时延)。

通过整网 E2E 的 iFIT 检测使能后，能够实现持续监控业务质量，主动发现质差业务。

图4-6 E2E iFIT 检测



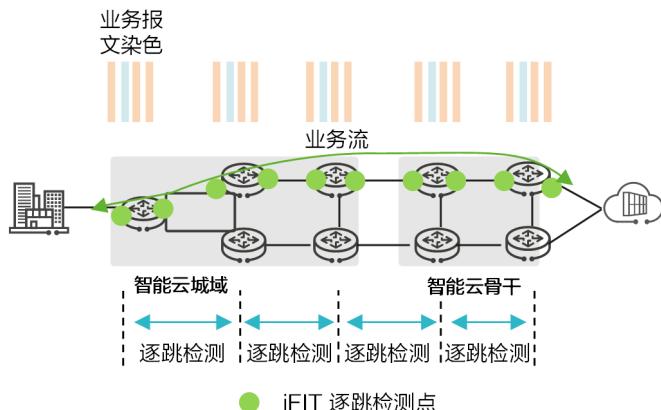
一分钟故障界定

通过整网 E2E 的 iFIT 检测识别质差业务以后，质差业务自动启动逐跳诊断，完成故障界定。通常会分为两个阶段：

1. 启动逐跳定界：业务 E2E 丢包/时延超过设置的阈值，智能网络控制器自动在业务头节点(如 CPE)配置流的识别信息（信息通过 E2E 检测时确定），针对这条流启动 iFIT 逐跳检测。
2. 定界结果呈现：业务头节点根据配置的识别信息选定目标业务流，头节点基于识别流，生成唯一的业务流 ID，封装在 iFIT 报文中，沿途节点启动逐跳 iFIT 检测并周期上报。智能网络控制器逐跳收集检测信息，通过图形化界面呈现导致业务质差的节点/链路，以及逐跳的质差指标情况。

智能网络控制器通过 iFIT 逐跳检测结果，精准定位网络故障点。同时智能网络控制器基于定界的故障网元反向关联受影响的业务，自动评估故障影响性。

图4-7 iFIT 逐跳检测



故障自动修复，零投诉

智能网络控制器通过 iFIT 逐跳检测定位网络故障，根据不同的故障根因触发不同的处理流程。业务质差类故障，用户不感知。

- 非物理故障导致的业务质差，通过智能网络控制器进行业务路径自动调整，避开引起质差的链路或者节点，实现业务 SLA 的恢复。此场景下不生成故障告警，故障自动修改，用户无感知。

- 物理故障导致的业务质差，例如设备硬件故障，智能网络控制器触发设备级硬件故障处理流程，用户业务自动调整，并触发告警申报给运维人员做硬件替换。此场景下用户仍然不感知故障。

4.4 智能网络管控器

智能云网解决方案需要智能网络管控器的支撑，智能网络管控器可提供包括拓扑服务、连接服务和分析服务，例如网络时延圈地图，用户侧 CPE 终端快速上线，业务快速开通和业务性能查询，增值服务推荐等功能。

华为智能网络管控器具有以下几个特点：

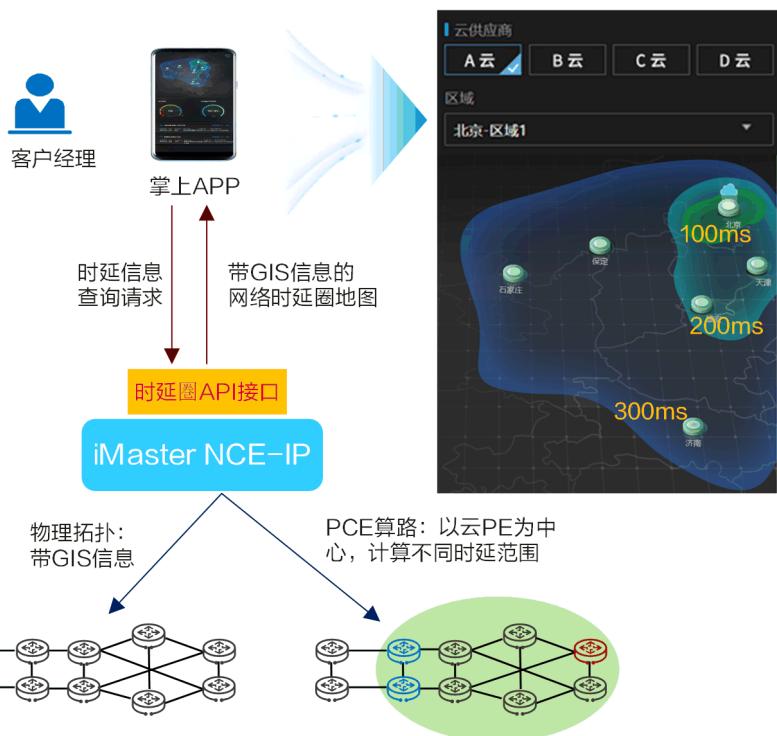
- 最懂网络的控制器：支持多种协议，简化北向接口，降低继承复杂度，同时已经建立了北向生态圈；支持运营商各种组网场景下的网络管控。
- 规模商用部署的控制器：多省份运营商已经商用部署，和多厂家成功对接，顺利开通云网业务。
- 面向未来的控制器：支持仿真、AI 实现网络开放服务化，支持网络智能运维，减少运营商和企业用户介入故障处理流程，实现网络自诊断和自愈。

拓扑服务

拓扑服务使用户可基于业务订购 App，根据系统实时推荐的差异化时延网络服务套餐进行自助选择，智能云网解决方案实现了面向企业用户的网络即服务的能力，提升企业用户业务体验。拓扑服务的功能包括：时延圈、套餐推荐、算力调度和业务订购。

- 时延圈：以云为中心，在 GIS（地理信息系统：Geographic Information System）地图上展示不同的时延圈范围，企业用户可查看云的覆盖情况，作为选择云的依据，帮助用户选择最优上云位置。





- 套餐推荐：用户根据时延圈范围选择云，然后选择服务区域。智能网络管控器根据 API 请求，采用不同算路因子计算服务区域内业务接入点到云的多条路径，运营系统根据 API 反馈结果给出差异化推荐套餐。推荐套餐包括差异化网络信息以及收费情况，通过差异化服务，实现网络 SLA 变现。



- 算力调度：用户根据时延圈范围选择要使用的多云，然后选择服务区域。智能网络管控器根据 API 请求，采用不同算路因子计算服务区域内多云互联的多条路径，运营系统根据 API 反馈结果给出差异化的推荐套餐。推荐套餐包括云、网络信息以及收费情况。





- 业务订购。用户选定套餐，发起业务订购，下发专线订单。



智能管控器提供的拓扑服务具有以下特点：

- 通过南向控制协议，构建实时多维精准网络拓扑，能够支持组建超 8W 设备节点的超大网络规模；超大网络规模时可实现实时毫秒级感知业务链路和业务隧道的状态变化，实时做业务隧道重规划，并完成业务无感切换；实时感知业务链路时延以及带宽利用率，面向用户提供增值服务推送提醒。
- 精准资源核查，业务开通时长可评估，可承诺，用户侧 CPE 分钟级上线并开通业务，区域资源准备度可查可呈现，快速评估业务开通时长。



- 在线时延选路，支撑用户差异化套餐随选，实现 SLA 变现。差异化服务是提升运营商收益的一个有效途径，智能管控器支持跨域路径随选，自动创建 Overlay 的业务逻辑拓扑，实现业务路径的可编排，同时还提供多种时延路径的套餐随选，帮助用户按需选择，实现差异化服务。

连接服务

连接服务实现业务开通和业务调速功能。CPE 设备即插即用，一次进站，硬装即开通。以前的运营商业务开通，需要人工完成物理资源检查，多次进站安装和调测 CPE 设备，需要多人配合，人工方式工单流转，等待时间长，用户业务确切开通时间不可承诺；资管系统数据手工录入，出错率高，如果遇见设备激活失败，需要调测人员多次进站。

智能网络管控器实现硬装人员一次进站，硬装完成即调测完成，实现了“日清”，当日安装，当日业务开通，当日业务验收，开通时间可承诺；CPE 设备采用扫码上线方式，硬件安装入资管系统自动化，零等待，设备激活失败现场发现并处理，避免装维人员多次进站。

As-Is



To-Be



通过智能网络管控器，可以实现设备配置零偏差，业务即插即通，连接服务具有以下特点：

- 以订单为中心，简化业务流程，减少多系统的对接接口，降低运营商多系统的集成难度。
- 面向业务的即插即用，用户侧 CPE 设备装维人员完成安装上电后扫描设备码，触发智能网络管控器自动完成基础配置下发，完成设备上线；装维人员通过扫描设备关联的业务订单，自动触发智能网络管控器自动下发业务配置，完成业务开通，并自动生成业务开通报告，自动完成业务验收。
- 业务开通前仿真验证，用户侧 CPE 设备配置零偏差，开通后可以进行业务调速，调整业务接入带宽，并返回调速结果，自动调整网络侧路径。智能网络管控器自动实时检测网络性能，提供网络使用度评估报告。

分析服务

智能网络管控器的分析服务实现业务 SLA 多维可视，支持业务诊断，支撑增值服务可销售。

以前运营商业务开通后，网络和业务的拓扑和性能不可视，难以说服用户购买更高阶的服务，SLA 难变现。问题主要体现在：售后阶段用户无法感知服务质量，出现故障难以定界，容易误报故障。通过运营商现网的用户故障申报大数据分析发现，大部分是用户自己设备问题而非网络的问题。

智能网络管控器可实现网络质量实时可视，促进 SLA 变现，售后阶段专线质量实时可视，同时支持网络质量回溯查看，降低用户故障误报率；当业务质量劣化或中断时，智能网络管控器发起诊断确定故障点；实时对用户业务性能做检测并生成报告，发现超过业务阈值即向用户发送产品升级推送服务，实现增值服务可销售。



图4-8 售后阶段



售后阶段主要提供业务质量可视和业务诊断，实现网络和业务数据可视，同时支持历史数据可追溯查询，产品升级推荐主要通过分析网络和业务数据，智能向用户推荐升级产品包消息，方便用户自助订购。

第5章

运营商智能云网部署建议

摘要

运营商发展智能云网，有助于抓住企业用户数字化转型的商业机会窗，实现自身商业可持续发展。本章主要介绍华为在智能云网建设上的建议，通过智能云网能力的建设，帮忙运营商向“DICT服务”转型。

华为公司结合运营商现有网络能力，针对运营商构筑智能云网能力的想法，提出了对应的建网建议。



图5-1 智能云网建设建议

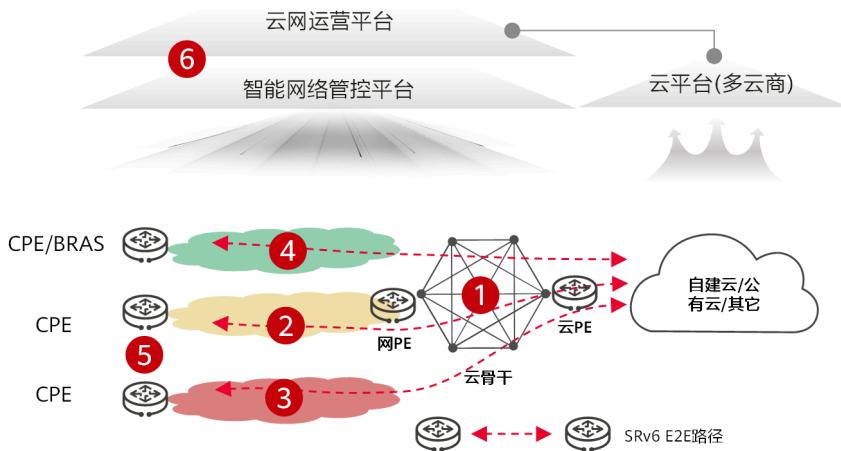


表5-1 网络建设建议说明

场景		改造位置	建设内容说明
智能云骨干网络		1	新建集团云骨干/省内云骨干，预联接多网多云，实现省内云业务不出省，跨省云业务汇聚的要求。
智能云城域网络	新建行业切片专网	3	新建行业切片专网，满足优质行业用户高标准网络要求。
	现有城域网改造	2	基于新建移动承载网（STN，智能城域网，SPN），做切片，扩容，接入环建设等，实现上云专线业务和2C业务硬隔离，满足不同类型用户需求，业务质量有保证。
		4	基于老旧承载网络（IPRAN，PTN，PON城域网）采用类似OptionA对接，或边缘设备起SRv6的方式接入云骨干，不对老网做规模改造。实现上云专线业务加速，提升用户业务体验。
O/B域建设与集成		6	新建智能网络管控平台和云网运营平台，云网运营平台对接云平台。

场景	改造位置	建设内容说明
华为云端 CPE	5	部署华为云端 CPE，一盒多线接入多云，高性能 CPE 支持 SRv6 和切片等新功能，取代老旧 CPE 盒子，简化业务开通和运维难度。

5.1 智能云骨干网络

由于企业侧上云需求从以前的单云模式向多云转型，企业用户已经使用部分云商的应用。运营商需要从以前单纯云接入向提供多云服务转型。运营商发挥网络差异化联接能力聚合多云，构筑云网的一体化接入、一体化服务和一体化运营，实现智联多云的目标。

云骨干网络是实现这一目标的基础网络。运营商利用云骨干网络把公有云、私有云、第三方云、行业云等联接起来，通过云和网的物理预联接，实现云下一张网。

云骨干网络包括云 PE 和网 PE 两种重要类型的设备角色。

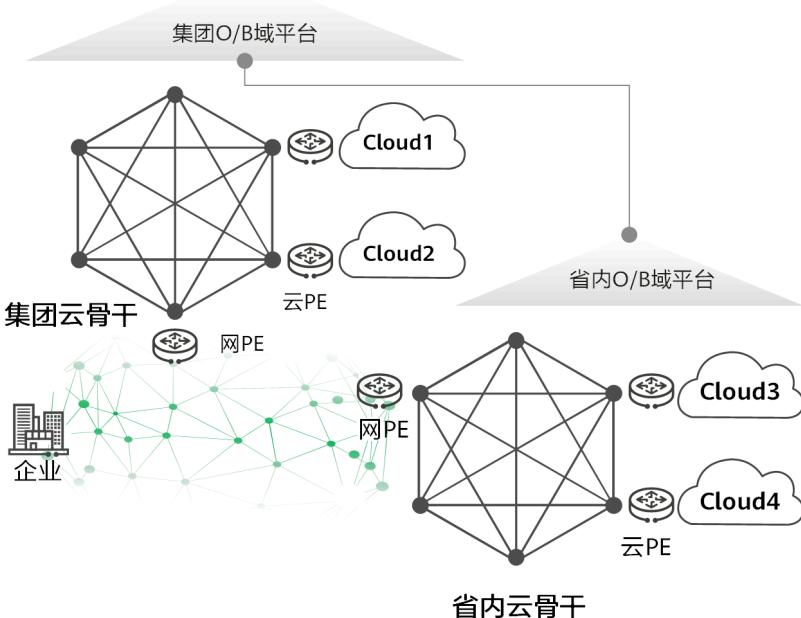
- 云 PE 负责联接云资源池，作为云业务在运营商网络的一个联接点。
- 网 PE 负责联接运营商现有的云接入网络。

智能云网方案建议云 PE 和网 PE 之间 Full-mesh 组网，实现业务路径一跳直达。在实际项目应用中，云 PE 和网 PE 可能是一台物理设备，但是方案建议这两种设备角色独立设置。

如图 5-2 所示，运营商云骨干网络可能分为两个层级的网络。

- 如果省内有运营商的云池或者其他云商的云池，此时需要建设省内云骨干网络。
- 如果运营商所在省份没有云池，需要使用其它省份的云池，此时需要在集团层面建设云骨干网络。

图5-2 云骨干架构示意图



这两种云骨干网络的建设模式不冲突，运营商根据省内云池资源和业务情况建设相应的云骨干网络。值得注意的是，在集团云骨干上开通云网业务，运营商需要跨域跨部门的协调物理资源，业务发放上不区分省内云骨干还是集团云骨干。

在云骨干网络中，智能云网方案建议的隧道和业务承载部署方式如下：

- 云骨干网络可以部署网络切片，用于不同业务类型之间的隔离。例如企业用户的上云专线在一个业务切片，云资源池之间的互联业务在另外的分片中。
- 业务切片中采用 SRv6 Policy 隧道承载业务。
- 在默认切片中，采用 SRv6 BE 隧道，默认切片/基础切片可以为行业切片提供备份保护。
- 业务承载采用 EVPN L3VPN 承载业务，通过 RT 和 RD 控制站点和云资源池之间的策略性互访需求。

5.2 新建行业切片专网

智能云域网络包括新建行业切片专网和改造升级后支持网络切片的原域网。本节主要描述新建行业切片专网。

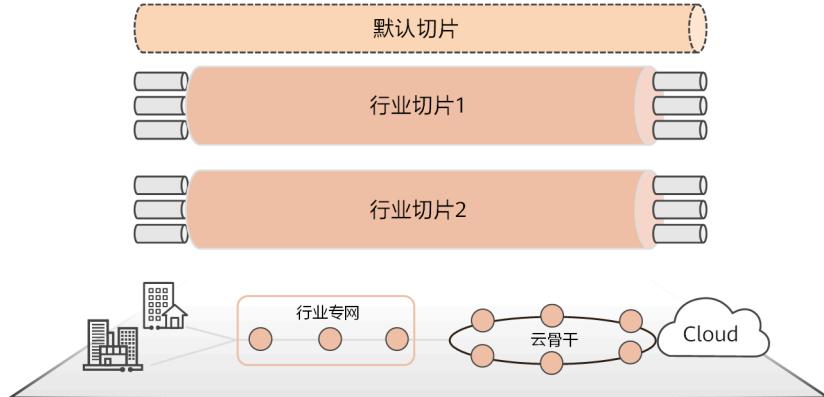
通常情况下，行业用户对网络的物理性隔离有要求，对业务的安全性要求高。原运营商老旧的行业专网，无法满足行业用户新的需求。

运营商可以基于新建的行业专网为行业用户提供更高质量的服务，并做新业务的创新。

智能云网解决方案推荐新建的行业专网整网部署 IP 设备，通过引入 SRv6 和 FlexE 技术，实现类 OTN 的业务硬隔离效果，为行业用户提供能保证的业务体验。IP 设备可便捷下沉到行业用户较低位置，便捷业务接入。

如图 5-3 所示，新建行业专网在智能云网解决方案中定义的网络位置，运营商已经提前建设云骨干网络。

图5-3 行业专网



智能云网方案建议行业专网的 IP 网络设备和云骨干 IP 网络设备在一个 AS 域中，尽量不跨域。行业专网和云骨干网络采用一套智能网络管理器管理设备，利于行业业务的管理和运维。

运营商在老旧网络开通新业务时有所顾虑，比如对现网业务的冲击、网络基础部署的冲突等。新建行业专网有以下几个优点：

- 行业专网具备更高的安全性和行业业务隔离要求。整个行业专网没有面向消费者用户的业务，即没有移动回传业务的承载需求。
- 行业专网具备更好的网络扩展性和易用性。行业专网是全新的网络，基础网络按需扩建，云网业务按需部署。

行业专网都采用 FlexE 技术完成网络切片，通过聚合的行业专网切片，承载行业业务，比如教育切片，医疗切片，银行切片等。如果一个行业切片内还有业务隔离要求，可以考虑在行业切片的基础上实现更小粒度的业务切片，即所谓的“片中片”，实现业务的精细化管理。

在行业专网中，智能云网方案建议的隧道和业务承载部署方式如下：

- 通常在行业切片中采用 SRv6 Policy 隧道承载业务。
- 在默认切片中，采用 SRv6 BE 隧道，默认切片/基础切片可以为行业切片提供备份保护，提升业务的保护性能。
- 行业专网中，采用 EVPN L3VPN 承载业务，实现分支站点能够互访，同时每个站点可以访问多云。
- 云资源池之间的业务互访通过云骨干业务实现，保证不同业务类型的隔离性。

5.3 现有城域网改造

智能云城域网络包括新建行业切片专网和改造升级后支持网络切片的现有城域网，本节主要描述现有城域网的改造。

运营商的现有城域网通过改造升级，实现专线加速，满足企业用户上云的需求。

专线加速是指业务尽可能的在能提供确定性体验的网络中承载。以前开通的上云专线，大多采用的 MPLS 协议隧道，通过多段拼接的方式上云。智能云网解决方案针对这种业务现状的网络，通过部署切片和 SRv6，实现业务就近接入 SRv6 隧道后一跳入云。

智能云网解决方案兼顾运营商不同网络的发展需求，基于网络的现状，给出不同的改造建议。

存量网络的改造方案需要区分运营商当前业务开通网络，主要涉及三种类型的网络：NGMN(Next-generation mobile bearer network)、IPRAN 网络以及城域网。

NGMN

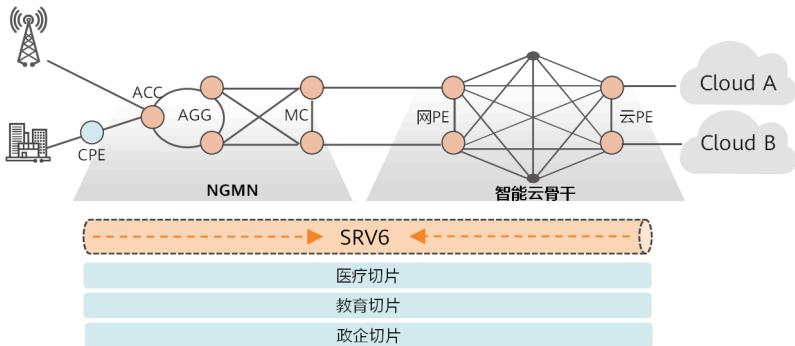
NGMN 是指运营商最新建设的移动承载网络，设备大多采用最新的软硬件设备，此时 NGMN 基础网络上已经采用 SR 和 IPv6 协议，同时 NGMN 网络设备硬件上支持 FLEXE。根据业务的发展需要，运营商还在继续投入资金扩建 NGMN 网络，NGMN 网络具备改造的条件。

此时抛开移动回传业务本身不谈，针对企业业务，已经具备部署网络切片和 SRv6 的先决条件。智能云网解决方案推荐在 NGMN 上面对基础网络做网络切片，然后业务通过 SRv6 Policy 在业务切片中承载，移动回传业务在 NGMN 网络的默认切片/基础切片中承载。

如图 5-4 所示，智能云网解决方案对 NGMN 的改造建议如下：

- 利旧 NGMN 的汇聚/核心网络，如果在 NGMN 覆盖不到的区域，根据业务情况新建/扩建云接入网络。新建云接入网络的基础网络配置和 NGMN 一致，方便后期移动回传业务的承载，CPE 作为云接入环的一个设备。
- NGMN 全网切片，同时全网 IP 设备部署 SRv6。
- NGMN 和运营商已经建设的云骨干网络对接，云骨干网络和 NGMN 分属不同 AS 域，此时需要打通这两个网络的 SR 路由。
- NGMN 和云骨干网络共同部署一套智能网络管控器，负责设备和业务的部署与运维管理，同时纳管 CPE 设备。

图5-4 NGMN 部署意图



IPRAN 网络

运营商网络还有一张比较大但是非全新的 IPRAN 网络，主要用于 3G 和 4G 业务的移动业务回传，同时还承载部分专线业务。

智能云网解决方案针对 IPRAN 网络的专线业务加速，设计了两个业务方案：

- 方案一：IPRAN 整网升级到 IPv6，IPRAN 的汇聚环设备可做 SR 改造或者不改造，CPE 设备支持并开通 SRv6。企业用户上云的 SRv6 起点在 CPE 上，IPRAN 网络可做整网 Native IPv6 的方式转发业务。
- 方案二：IPRAN 汇聚环设备升级并改造支持 SRv6，IPRAN 接入环不做任何改造，CPE 设备不支持 SRv6。企业用户上云业务的 SRv6 起点在 IPRAN 的汇聚环。

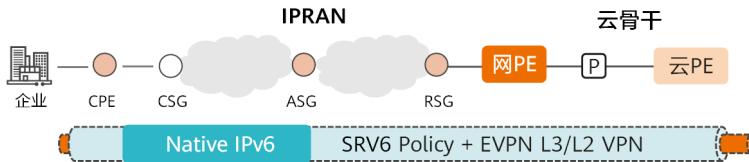
还有一种例外情况，就是整个 IPRAN 网络都不改造，IPRAN 和云骨干 OptionA 对接，IPRAN 采用 MPLS L2/L3VPN 和云骨干网络背靠背分段对接业务。由于这种情况会导致业务开通和运维困难，难以 E2E 管理，智能云网解决方案不推荐。

方案一具体的设计思路如图 5-5 所示，主要的改造点包括以下内容：

- IPRAN 网络支持 IPv6，CPE 为支持 SRv6 的新设备。方案设计为从 CPE 到云 PE 的 E2E SRv6 方式承载业务，中间存量 IPRAN 网络采用 IPv6 转发业务。

- 为了网络业务承载性能最高, 建议 SR 改造往 IPRAN 汇聚环推进, 原则上尽量推进到靠近 CPE 的位置, 比如到 ASG。
- 如果需要使用时延算路, 则需要在 CPE 和 ASG 之间部署设备间 TWAMP 检测。

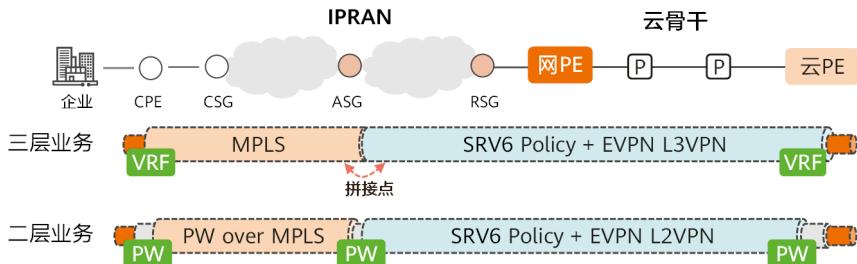
图5-5 IPRAN 网络部署方案一



方案二具体的设计思路如图 5-6 所示, 主要的改造点包括以下内容:

- IPRAN 网络接入环 (包括 CPE) 不支持 SRv6, 但存量网络的 RSG/ASG 可升级支持 SRv6, 建议 SR 改造下沉到 ASG, 且智能网络管控器可以统管网络。
- 拼接点可在 ASG 或者 RSG, 其部署方案类似。部署原则是尽量将 SRv6 向靠近用户业务的边缘推, 因此推荐采用在 ASG 点拼接, 若 ASG 不支持 SRv6, 可采用在 RSG 点拼接。
- 用户业务为三层业务时, IPRAN 网络 CPE 到 ASG 使用 MPLS (LDP/RSPV-TE) 隧道承载 L3VPN 业务, ASG 到云骨干的云 PE 间 SRv6 Policy 承载 EVPN 业务, 拼接点无需配置 VPN 实例。
- 用户业务为二层业务时, IPRAN 网络使用传统 MPLS PW 方案承载业务。以 ASG 拼接为例, ASG 到云 PE 间建 E2E SRv6 Policy, 采用 PW over SRv6 Policy 承载, 在拼接点 ASG 上进行 PW 的标签交换。

图5-6 IPRAN 网络部署方案二



城域网络

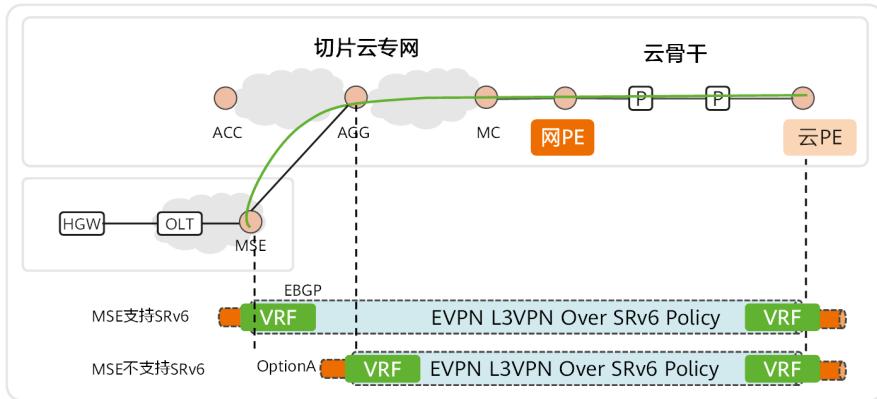
当前部分企业基于历史原因选择使用 PON 城域网络上云，此类专线业务存在业务性能不高的问题。部分用户短期内不想改变接入的方式，但是又想提升上云体验的需求。

智能云网解决方案针对这类用户的需求，通过改变业务承载路径的方式，在确定性的网络中提供业务加速服务。

城域上云专线加速方案的主要思路是利用已经开通的切片云专网和云骨干网络，向用户提供确定性的业务体验。如图 5-7 所示，具体的业务设计思路如下：

- 城域 MSE 作为上云业务网关，在 MSE 和省内切片专网 PE 设备上为公众上云业务规划一个 VPN，用于承载所有公众用户的上云业务，公众上云业务在 BRAS/MSE 背靠背方式转发到就近的切片云专网的 AGG 设备。
- MSE 设备不支持 SRv6 时，MSE 和云专网 AGG 设备通过 VRF OptionA 方式背靠背联接，城域专线上云业务在云专网通过 EVPN L3VPN over SRv6 Policy 的方式承载。
- MSE 设备支持 SRv6 时，在 MSE 和云专网 AGG 设备上为公众上云业务规划一个 VPN，城域专线上云业务在云专网通过 EVPN L3VPN over SRv6 Policy 的方式承载。

图5-7 城域网部署方案



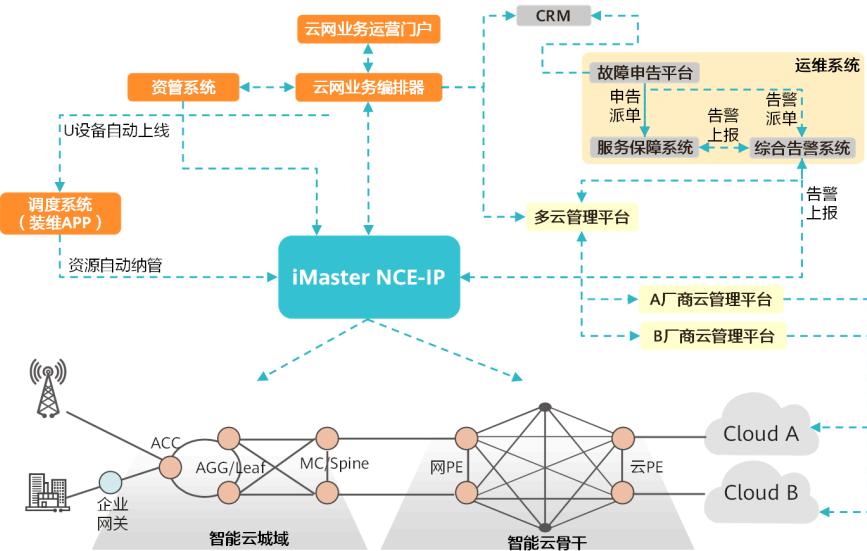
5.4 O/B 域建设与集成

以前企业上云专线，全流程不可视，运营商无法提供电商化的服务。

- 开通上云专线，在售前阶段用户需要营业厅工作人员协助订购，在售中业务开通过程中，需要耐心等待，进展需要电话沟通市场人员或者现场查看，进度对用户不可视；
- 售后阶段用户对业务的感知仅是业务通断情况，用户不知道业务质量，出现故障通过电话申报，被动等待运营商处理结果，往往用户自己问题也需要运营商协助排查。

运营商要想给企业用户提供电商化的业务体验，需要对 O 域和 B 域做系统性的建设和改造。智能云网解决方案推荐的 O/B 域整体架构推荐如图 5-8 所示。

图5-8 O/B 域整体架构



智能云网识别到运营商在 O/B 域需要建设和集成的内容如下：

1. 运营商云网业务门户：智能云网产品和套餐上线，计费合账； 使用云服务的企业用户实名认证； 电商化平台，提供云网业务运营门户。
2. 云网业务编排器： 服开系统与新建云网业务编排器对接适配； 资管系统信息准确（设备位置、端口、带宽等）； 云业务和网络业务间的协同编排； 云内网络和云外网络的协同编排。
3. 网络控制器： 提供网络自动化管控，提升网络运营服务化能力（拓扑服务、连接服务、分析服务）； CPE 上线即插即用能力，上线业务配置自动发放。
4. 多云管理平台： 对接云网业务编排器，提供多厂商云管平台对接和网络协同的能力。
5. 云网业务编排器系统集成： 售前提供用户自助订购； 售中提供业务快速部署，业务快速开通和业务开通状态可视； 售后提供业务质量 SLA 可视，业务保障状态可视。

运营商通过部署智能网络管控器 iMaster NCE-IP 配合 O 域系统改造，能实现云网业务四大能力的提升。

1. 业务在线订购：一站式电商化服务，订单可视；业务灵活弹性的扩点提速。
2. 业务敏捷开通：硬件资源具备的情况下，业务实现分钟级开通；CPE 设备即插即开通，免去装维人员二次进站。
3. 网络能力调用：网络能力服务化，通过开放的 API 接口实现多系统集成；同时支持第三方集成系统实现云调网业务。
4. 智能运维服务：业务质量 SLA 可视，用户 SLA 可对账；故障主动预防，故障实现分钟级感知，分钟级修复，零投诉。

5.5 华为云端 CPE

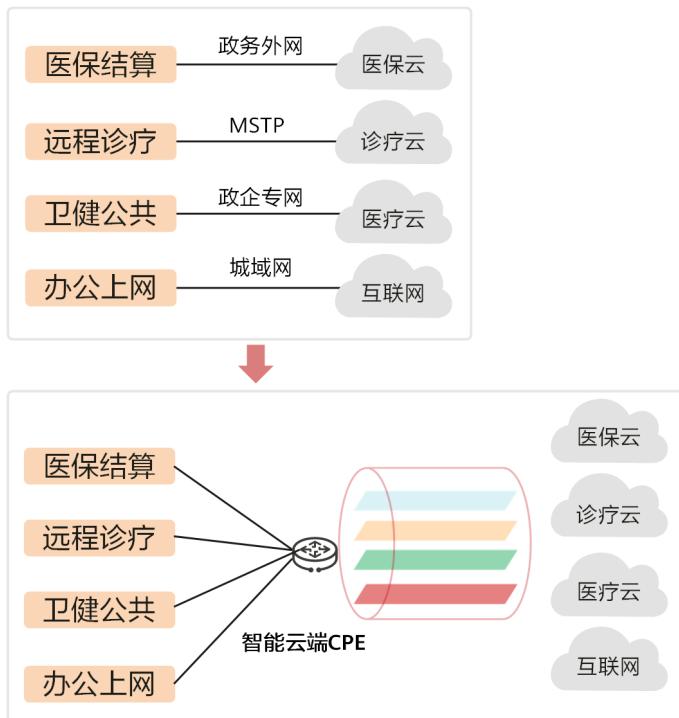
传统 CPE 终端受限于的软硬件能力的关系，在业务上存在以下一些问题：

- 通常一种类型的业务就需要一个 CPE 终端，企业用户需要多次购买。
- 业务接入侧不统一，网络侧承载具有多样性，多家运营商提供服务，业务无粘性。
- 传统 CPE 终端不支持 SRv6 以及 EVPN 协议，只支持 MPLS 和普通的 L2/L3VPN 承载业务。
- 传统 CPE 终端业务无法端到端部署，业务管理和运维困难。
- 传统 CPE 终端硬件不支持可编程，设备硬件升级只能做盒子整体替换，难以保护用户投资。

以上传统 CPE 设备的问题导致用户侧 CPE 设备多，故障点多，运维复杂，故障难快速定位。如图 5-9 所示，医保结算、远程诊疗、卫健公共和办公上网这几种类型的业务，分别需要使用不同的 CPE 以及不同的承载网络，业务复杂。此时医院的业务接入终端需要整合，期望能一个业务接入终端同时接入多业务，同时网络侧能基于不同业务做隔离。



图5-9 医院业务示例



华为华为云端 CPE 定位于面向云时代的全场景边缘接入 NetEngine 路由器，具备一盒多线多业务的能力，满足医院等行业用户“一盒六线”的需求。华为云端 CPE 具有以下特点：

- 小体积，GE 端口高密：高度 1U，支持最大 176Gbps 的交换速率。最多可支持 8 个光口和 8 个千兆电口，满足用户侧多业务接入。
- 可编程、协议极简：支持 SRv6&EVPN，统一业务承载协议，业务一跳入云；同时设备 NP 支持可编程能力，实现设备软硬件平滑升级。
- 低功耗，宽温设备：设备支持高性能下功耗仅 80W，做到业界领先，同时支持在-40° C~65° C 的范围内工作，实现工业级的宽温设计。

- 可切片，带宽可保障：支持 FlexE 网络切片能力，实现业务硬隔离，一纤多业务，业务零丢包，满足用户侧多类型业务承载要求。
- SLA 可承诺，业务高可靠：业务质量可视，iMaster NCE+iFIT，实现业务故障分钟级定位，同时支持 E2E 路径快速还原。

如图 5-9 所示的医院业务中，采用华为云端 CPE，只需要一台设备即可实现多业务接入，结合智能云网络轻松实现上多云的需求，业务体验有保障。

第6章

智能云网的成功应用

6.1 A 省运营商 A 新建行业专网

项目背景

A 省运营商 A 建设行业专网是在国家政策、集团公司和业务发展多重驱动力的背景下开展的。

- 政策驱动力来源于国家战略，要在 A 省建立中国第一个“互联网+医疗健康”示范区。统一医疗信息专网、建设区-市-县-乡-村五级远程医疗网络。运营商 A 针对该网络建设需求，需要构建全省统一，任意互联的医疗专网。
- 运营商集团提出对传统专线体系升级，推出 FIRST 专网体系并要求各省落地。
- 业务发展层面，集团董事长提出要求，需要按照行业线纵向打通业务全流程，“一点”即可实现业务受理、开通、计费、运营等流程。集团董事长建议运营商 A 在医疗、教育、智慧城市等方面进行探索和尝试。



运营商网络现状

A省运营商A当前建设有两张政企网，城域结构的电子政务外网和IPRAN网络结构的政企专网。但是这两个网络分别存在不同的问题：

- 城域结构的电子政务外网：采用VPN技术将一套物理网络平台逻辑上划分为“2+N”个业务网络。其中，“2”是指公用网络区和互联网接入区，“N”是指根据政府部门业务需求开设的多个虚拟业务专网。网络采用交换机+路由器的架构，不利于管控，设备老旧，继续投资收益不大。
- IPRAN网络结构的政企专网：由多场景厂家设备混合组网，汇聚和接入层由C1、C2、C3三家设备组网，核心层为C1厂家设备，目前仅能通过综合网管复杂操作实现业务数据下发。不同厂家设备组网无法实现端到端业务随选、业务监测、SLA劣化自动重路由、网络切片等功能。

通过以上两个网络分析可以发现，这两张网络均无法满足互联网+医疗、互联网+教育等行业政企用户对网络能力及网络质量的要求。距离用户打造最强网络底座的目标差距很大。运营商A针对业务需求提出了以下五大网络能力问题：

1. 如何实现多场景业务快速开通？
2. 如何实现用户间灵活互通？
3. 如何实现基于业务的监控？
4. 如何使故障处理时间降到最短？
5. 如何用最小投资建设多张专网？

解决方案

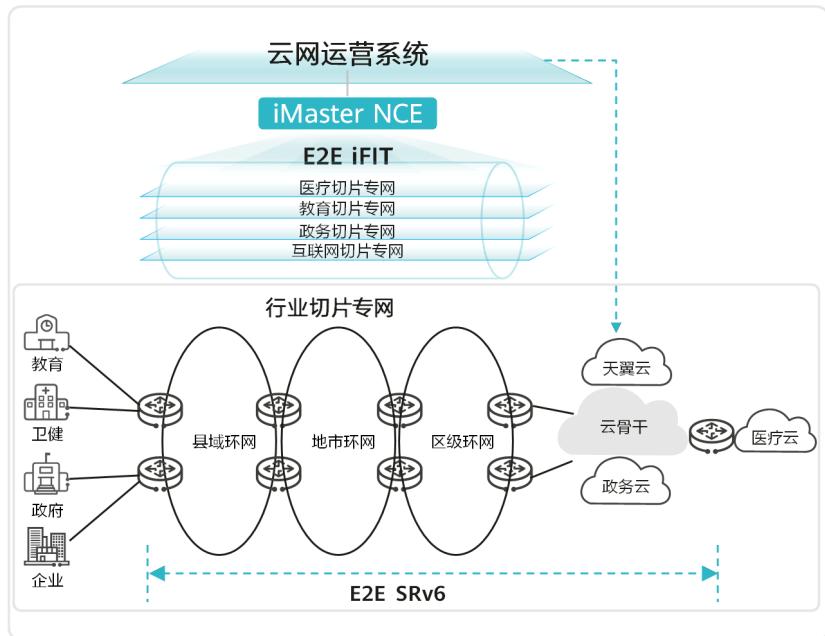
针对运营商A对网络能力的五个问题，华为智能云网解决方案提供了相应的设计方案：

1. 全网部署SRv6，实现业务快速开通。
2. 根据业务情况部署L2/L3VPN，满足点到点，点到多点，多点到多点的灵活访问。
3. 通过iFIT实现随流检测，实现业务流真实性能监控。
4. 基于iFIT分钟级故障定位。



5. 通过切片技术实现各行业用户专网级的业务体验。

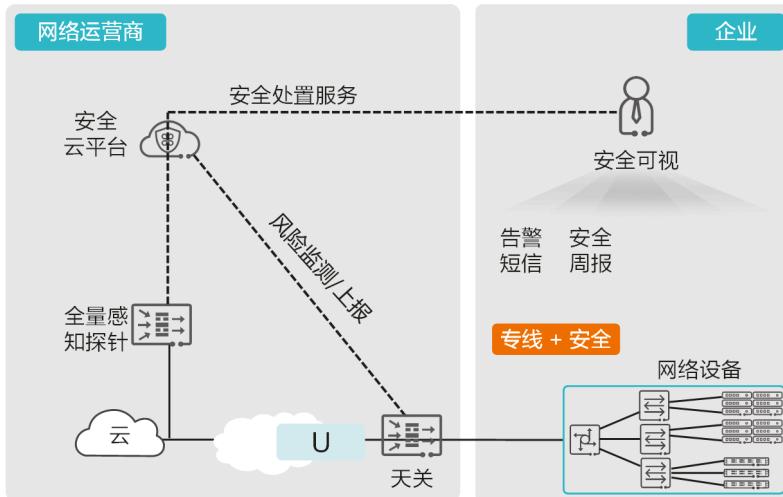
运营商 A 要实现以上 5 点能力，在现有的两张政企网上开通业务无法满足用户需要。华为公司提出新建一张政企专网，采用端到端独家组网，发挥单厂家最强网络特性能力。



方案亮点：

- 灵活互通，基于 L3VPN 实现医疗、教育等行业分支间快速接入、任意互访。
- 云网自动化，打通 B/O 域系统，实现流程自动化全打通，用户可自助进行开通、调速及 SLA 监控等。
- 一网多云，实现与政务云、行业云和公有云等打通，企业一点接入，多云通达。
- 一网多用，基于 iMaster NCE+切片+SR-TE/SRv6 实现一网多用，行业专网切片之间硬隔离，互不影响。
- 一体安全，企业侧安全网关设备+安全云管理平台相结合，让企业一站式安全上云，省钱又省心。





方案价值

行业用户价值：

- 匹配医联体、校校通等发展趋势，用户可实现一站式业务自助订购、带宽调速，可按需采购云网业务。
- 实现医疗/教育类企业快速接入，满足任意互通需求，享受专网高品质体验，实测可实现开通 60 条业务线路 1 天完成，访问运营商 A 的云池时延由 20ms 降低到 4ms，医院 200M 提速到 400M 由以前的 5-7 天缩短到 30 秒。

运营商价值：

- 打造医疗、教育、政府高品质专网，服务民生，满足全区教育用户 2400+个点位、医疗机构 1800+个点位的联接需求。
- 政务切片专网实现政府结构的全覆盖，真正做到发挥行业专网的价值，带来稳定可观的收益。

6.2 B 省运营商 B NGMN 智能切片专网

项目背景

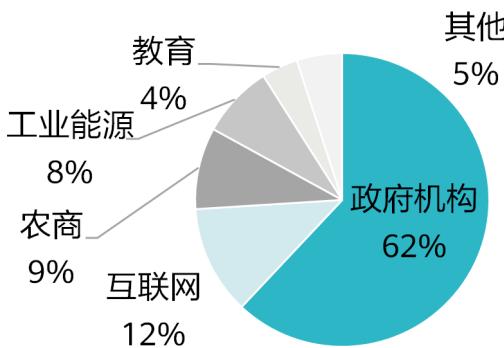
集团公司提出“坚持云网融合一体化发展，推动实现按需建网、网随业动，加强对云、DICT 等重点业务支撑，不断提升响应速度、响应质量。”

同时集团也识别到“未来三年 60%收入增长来自政企业务，是增长新动能；政企业务围绕 5G 和云两大引擎，没有云就没有网，云网一体是方向。”

运营商 B 积极响应集团要求并决定大力发展 5G 业务+云业务，通过业务层面的不断创新，落实集团政企 DICT 转型策略。

根据当前运营商 B 已知云业务的大数据分析发现，政府及互联网企业上云占比高达 74%，如图 6-1 所示。

图6-1 云业务用户群分析



数据来源：运营商B大数据平台

因此运营商 B 计划重点拓展政府及互联网企业，灵活、安全和敏捷是政府及互联网企业上云的关键诉求，以动画工作室所需灵活大带宽为例，上传 120T 的影片到渲染云平台。



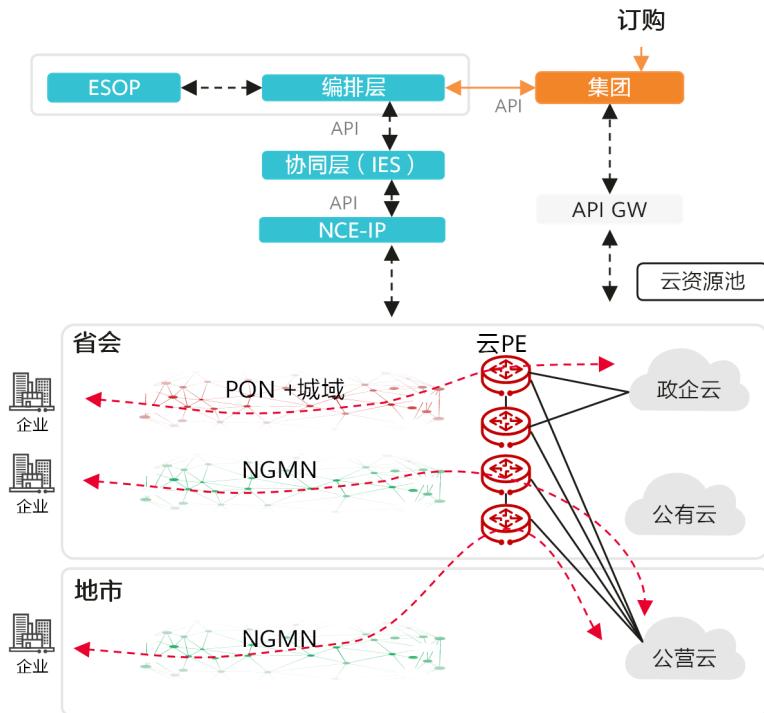
云专线带宽	100M	1G	10G
影片上传所需时间	14 天	1.4 天	3.3h

通过上表可知，专线带宽越大，所需时间更短。但并不是长时间需要大带宽，因此工作室需要灵活调整带宽使用速率，能够实现自动灵活调整 BoD，降低工作室运营成本。

网络现状

运营商 B 当前使用 PON 域域以及 NGMN 网络上云，在省会城市建设有少量的云 PE 节点，地市上云流量汇聚到省会的云 PE 节点然后在做转发，如图 6-2 所示。

图6-2 网络现状拓扑



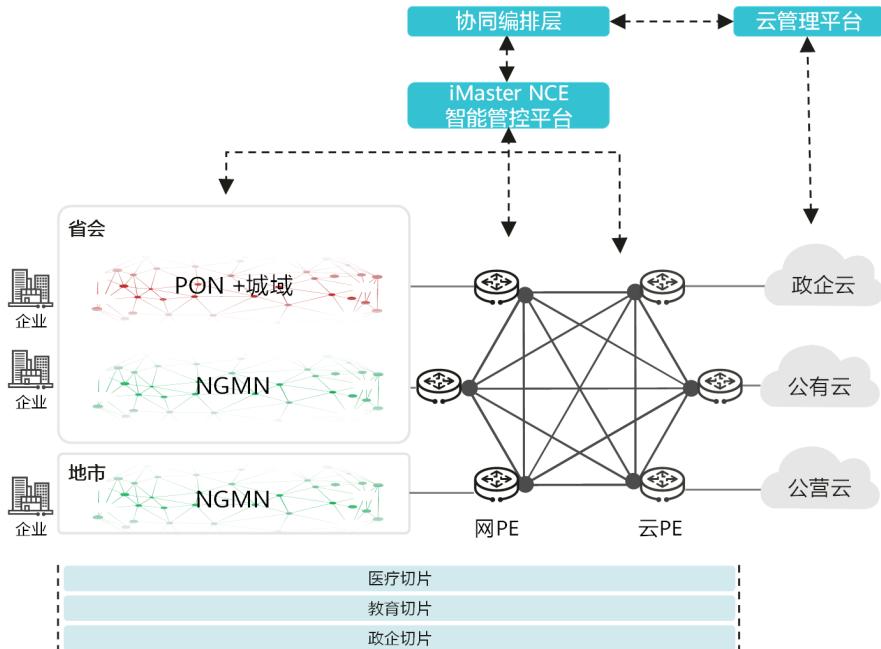
通过分析图 6-2 可知，当前用户的现网存在以下挑战：

1. 多云接入/互连能力待加强：云骨干网络结构待优化，流量存在绕行，公有云等部分云资源池未接入；未来边缘云、属地云接入未规划考虑。
2. 网络切片能力待提升：现网的 NGMN 设备不支持切片能力，无法保证未来行业切片能应对确定性时延的业务。
3. 云网服务能力需要提升：业务编排层通过集团 Portal 协同云资源，API 对接复杂；业务需要通过集团订购，便捷性不高；业务可视化、运维智能化能力对外呈现困难；网络能力向第三方开放困难。

解决方案

华为智能云网解决方案针对 NGMN 网络的演进有全面的建网方案，通过在 NGMN 网络引入网络切片技术，新建云骨干网络以及对 O/B 域的改造，成功打造运营商 B 实现“云改创新先行示范区”的目标。

图6-3 NGMN 智能切片行业专网架构



NGMN 智能切片行业专网有以下几个技术创新：

- 云骨干，一网通多云：通过新建网 PE 和云 PE 实现了云网一体化的架构，云 PE 实现了多云灵活预联接，网 PE 实现了多网灵活汇聚接入。
- 行业切片专网：通过 NGMN 网络业务切片，打造行业切片专网，实现全省覆盖，便捷实现灵活、安全和敏捷的上云需求；行业用户能针对性提供上云差异化服务。



- 云网一体化运营&运维：实现云网业务在线订购，业务敏捷开通；网络能力向云开放，云对网络自动调用，电商化运营；网络业务质量（时延、故障、拥塞等）可视，路径可选、可调；智能管控平台简化的北向接口开放，利于编排层生态建设。

方案价值

运营商 B 通过建设 NGMN 智能切片行业专网，能够规划丰富的云网产品，在现有云专线的基础，能够新增和规划引入云专网和 5G 专线，满足用户多场景业务诉求，实现在 2B 市场的业务增长目标。

表6-1 云网产品介绍

云网产品	特点	产品分类	核心竞争力
云专线	多样化产品，提供差异化服务	尊享云专线、智享云专线、优享云专线、随享云专线	体验差异
云专网	云专网面向企业的组网+上云需求；端到端网络切片能力；满足重点行业（政务，教育，医疗，工业园区），大中企业等	切片云专网	专网专用
5G 专线	无线接入、光纤备份	5G 云专线	快速上云

企业用户实现了云网业务“天级”快速开通，业务带宽随需调整。专属的切片承载业务，业务永久在线，SLA 可管可视；单点入云，一线入多云，多种业务场景随需选择。

NGMN 智能切片行业专网为运营商 B 后继业务的发展打开了“天花板”，让改造后的网络具备了以下能力：

1. 云网一体：以网融云，以云促网，带动云网价值共同提升，着力打造云+网+应用产品及解决方案能力。



2. 贴身服务：通过流程打通 O/B 域，实现业务自动化发放，缩短业务开通时间；下沉至区县的属地化支撑/交付服务体系，一点受理全网响应的运维服务体系。
3. 随心定制：通过智能切片，满足用户差异化服务。面向中小企业用户，打造云+网+应用灵活产品组合；面向行业用户，打造云+网+DICT 专享解决方案。
4. 安全可控：抓住政务数字化的机遇，强化安全产品与基础产品的融合，快速抢占政务业务市场。

6.3 C 省运营商 C 构建敏捷多云专线

项目背景

2017 年 1 月运营商 C 基于 IPRAN 的 SDN 化改造，正式发布“智享专车”互联网专线，标志着进入网络智能化改造阶段，从而提升传统 2B 产品竞争力，拓展市场。

2017 年集团公司引入多家公有云，集团公司在公有云场景走向了开放、合作模式，一网多云成为集团公司在云网市场差异化其它运营商的主要标志。多云业务的出现对云专线网络提出了新的要求，同时也符合后续上云主要场景为混合云的发展趋势判定。

运营商 C 的医疗云行业业务经过近 2 年的深耕和拓展（2015~2017），形成了一定的市场规模和示范效应，是集团的医疗云孵化基地。运营商 C 通过对该省医疗行业调研后发现，医疗行业对上云专线有四个主要需求：

1. 敏捷：医院希望云专线能够在 1 周内打通。
2. 大带宽：医院希望 7 秒内就能够完成医疗影像、病人资料等诊疗数据的下载，考虑各类影像大小不一，且存在多个诊室并发电器影像的情况，云专线需要>1Gbps。
3. 高可靠：医疗行业要求系统短暂不可用次数<1 次/月，不可用时间<5 分钟，要求云专线可用性>99.99%+。
4. 多云接入：云专线需要能够快速访问多云（公有云：HIS、CIS 和 OA 等服务，私有云：PACS 和数据库等服务）。



华为公司和运营商 C 以医疗云为切入点，进行云网一体化的探索和尝试，目标是构建行业云+网络的融合模式。

运营商网络现状

运营商 C 的专线服务由两部分组成，包括 MSTP 专线和 IPRAN 专线。现网 MSTP 存量超过 2.3 万线，但是 MSTP 网络存在如下问题：

- MSTP 专线由于 MSTP 设备核心&汇聚设备老旧占比超过 80%，部分设备面临停止服务。
- 接入设备老旧占比 48%以上，同样部分设备面临停止服务。
- 核心&汇聚设备资源利用率高，业务扩容困难。
- 核心&汇聚 MSTP 空间&功耗消耗高。

在以上几项因素叠加影响下，将医疗行业上云业务放在 MSTP 专线承载难以满足医疗行业的主要诉求，华为提出改造 IPRAN 网络的方式来满足用户诉求。

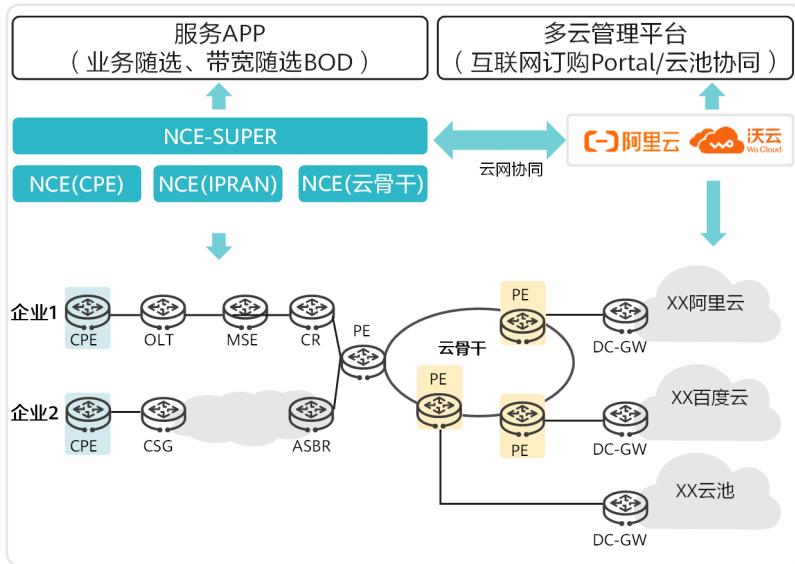
解决方案

华为智能云网解决方案针对运营商 C 网络现状以及医疗行业用户的实际需求，提出多样接入+极简承载+网络智能，打造多云联接生态的方案设计目标。如图 6-4 所示。

- 通过新建支持 SRv6 的云骨干网络，实现多云预联接；
- 智能网络管控平台 NCE-Super 对接云管理平台，实现云网协同；
- NCE-Super 通过集成的北向 API，实现运营商 O/B 域集成，新型 CPE 即插即用，快速业务开通。



图6-4 运营商C目标方案



该方案有以下四个核心亮点：

1. 企业快速接入：IPRAN 网络覆盖范围广，网络基础好，CPE 即插即用，可实现企业快速接入，入网即入云。
2. 多云/多网预集成：新建 SRv6 云骨干网络，实现业务一跳入多云。云骨干和多云预联接，业务层面通过智能网络管控器和云管理平台对接。网 PE 联接不同云接入网络，提供差异化服务，
3. 业务敏捷开通：智能网络管控器实现跨域网络业务 E2E 快速自动化配置，标准化北向接口快速与运营商 O/B 域集成，用户业务自助办理和 BoD 等增值服务。
4. 高可靠性：可实现 99.99X% 的业务保护，IP 网络实现链路、节点故障等多级保护，业务 7*24H 在线。

方案价值

企业用户价值：

- 业务快速接入并上云，网络联接实时可视，带宽实时可调。
- 一点接入，按需上多云。

运营商价值：

- 基于IPRAN推出云专线产品，向企业用户提供快速上云业务。
- 提供云间高速互联，企业用户一线入多云的能力。
- 提供实时在线、按需的增值服务，实现云网融合服务。





联系我们

networkinfo@huawei.com

获取更多 IP 网络系列丛书

<https://support.huawei.com>

