



智能云网 IPv6+演进技术白皮书

(2021)

CONTENTS

目 录

第一章	
智能云网 IPv6+ 演进趋势	1

第二章	
智能云网 IPv6+ 技术架构	5

2.1 多云灵活联接	6
------------	---

2.2 确定性体验	8
-----------	---

2.3 网络即服务	10
-----------	----

2.4 云网安一体	13
-----------	----

CONTENTS

目 录

第三章	
智能云网 IPv6+ 行业应用场景	17
3.1 智能云网政府行业解决方案	17
3.2 智能云网医疗行业解决方案	19
3.3 智能云网教育行业解决方案	20
3.4 智能云网工业领域解决方案	22
3.5 智能云网气象行业解决方案	24
第四章	
总结与展望	25

第一章

智能云网 IPv6+ 演进趋势

随着云计算、大数据、人工智能、物联网和 5G 等新技术的发展，人类社会正在进入万物智联、万智互联的智能时代。突发的疫情将企业数字化转型加速 1-3 年，智慧城市、在线教育、远程医疗、家庭办公等应用不断改变着每个人、每个家庭的生活和工作方式，同时也对企业的运营模式和生产模式产生了深刻的影响。根据 IDC 预测，到 2022 年将有超过 500 亿的终端与设备联网，到 2025 年 85% 企业的基础设施将部署在云上。在全球数字经济加速的大背景下，主要国家和经济体均提出了数字战略和 IPv6 推进计划，促进产业升级，为社会发展注入新动力。如中国“十四五”规划新基建促进全面数字化转型，其中 2025 年要全面建成领先的 IPv6 技术、产业、设施、应用和安全体系，我国 IPv6 网络规模、用户规模、流量规模位居世界第一位；欧盟复兴计划，成立 IPv6 专职推进组；美国推出数字基建计划，2025 年实现至少 80% 的 IPv6 only 网络升级。在数字化时代，企业对算力的需求就像二次革命后企业对电力的需求一样迫切，无处不在的算力将为人类社会、千行百业提供强大的智慧体验。而云网是实践数字战略的基础设施主体，网络联接是行业和社会数字化转型的基石。运营商利用自身优势，以 IPv6+ 为技术底座，从传统网络向智能云网迈进，转型成为 DICT 供应商，在数字经济中获得更大的价值收益，同时为数字经济和人类社会的进步作出重大贡献。

变化 1：企业多云应用兴起，任意云按需灵活联接成为关键诉求

随着关键信息系统，核心生产系统的上云，企业从安全、成本、弹性等方面考虑，会采用

多云、混合云部署方式。例如通过多云灾备和多活部署，增加业务可靠性和可用性；通过混合云实现了资源的灵活扩展、高阶算力的按需获取。根据某三方机构预测，未来 93% 的企业将采用多公有云，74% 的企业会采用混合云模式。多云、混合云将成为主流趋势。同时根据中国推进 IPv6 的战略目标，到 2025 年全国 95% 的商业网站以及应用要支持 IPv6，终端和云上应用将以 IPv6 为主。相应的从企业分支到总部的 P2P 连接方式变为企业分支、总部到多云的基于 IPv6 的 P2MP/MP2MP 连接方式。例如某医院需要联接多个业务云（医疗云、远程诊疗云、医保云）和互联网，传统方案采用 4 条专线、4 个账号、4 个接入设备，部署周期长，维护复杂。用户一方面需要便捷的一站式订购一线入多云服务，另一方面云上应用系统需要协同数据，数据在云间流转，需要灵活云间互联产品与服务。

变化 2：网络从尽力而为到确定性体验保障

企业业务上云分为互联网应用上云、信息系统上云、核心系统上云三个阶段，网络需求差异化显著。互联网应用上云追求性价比，要求敏捷上云，快速开通；信息系统上云要求大带宽和低时延。例如某医院基于 C/S 架构的 HIS（医院信息系统）业务上云要求 <8ms 网络时延。远程教育要求带宽 >400Mbps/ 教室，VR 课堂要求带宽 >50Mbps/ 学生，时延 <20ms。核心系统上云需要低时延，例如某电网差动保护业务要求承载网确保时延 <2ms。以上这些上云要求对传统的 IP 承载网提出了巨大的挑战。

中国《关于加快推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署和应用工作的通知》要求，要深化和推动政府、教育、医疗、金融和工业等行业 IPv6 改造与升级，到 2025 年实现各行业全面支持 IPv6，同时开展“IPv6 +”网络产品研发与产业化，深度优化 IPv6 网络，推动 IPv6 从规模部署走向创新应用，持续激发产业内生动力。面对行业数字化转型的深入，生产业务上云和 IPv6 规模部署的趋势，IP 网络要基于 IPv6+ 实现从尽力而为到确定性保障的转变，提供高品质上云体验，支撑千行百业上云。



图 1 企业业务上云三阶段

变化 3：云网一站式服务、快速开通、灵活调整等成为关键需求

根据第三方分析机构对 1000 余家企业调查结果显示，企业对云网服务的 TOP 关键需求包含提供多云一体化服务、一站式自助订购云网组合产品、专线业务 1-2 天快速开通、云和专线资源根据业务变化灵活调整等。我们从调查中可以看到，在数字时代用户希望云和网能够具备一体化供给，一体化服务的能力。

以二次工业革命的电网为例，电能从发电厂经过电网源源不断的输送给千家万户和企业，为社会的进步作出了重要贡献。我们从来不会讲电 + 网，都统称为电网。电网本质上就是一张输送电力的业务网。

当今第四次工业革命最重要的趋势就是数字经济。在数字时代，云就像发电厂，包含企业所需要的高性能计算、大数据分析等核心业务能力。运营商不再仅仅提供联接服务，而是一体化的云网服务。云网就是第四次工业革命时期的业务网，把数字经济的动能输送给企业、政府、医院和学校等千行百业。

在传统网络中，云网协同仅在商业层面实现协同，云和网是独立规划，独立建设，独立运营的产品。传统承载网不是面向业务的，而是面向连接的，价值在于联接云，无法提供像云一样的敏捷服务体验。随着政企客户数字化转型的深入，当海量应用上云后，网络功能需要能被云上的应用灵活调用，做到“网络即服务”。运营商需要打造一张智能云网，使客户能一键式订购云网产品，同时自动匹配网络资源，快速开通，业务灵活调整，面向最终的客户提供云网一体化的产品与服务。用户可以像在电商平台采购一样任意选择产品组合，从签约到履约实现在线自助，快速开通，流程可视。

根据《关于加快推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署和应用工作的通知》要求，到 2023 年国内主要内容分发网络、数据中心、云服务平台和域名解析系统基本完成 IPv6 改造，到 2025 年全面支持 IPv6。在云、网都全面进入 IPv6 时代的大背景下，基于 IPv6+ 技术的智能云网将成为实现云网一体化服务的必然选择。

变化 4：云网安一体化，泛在安全

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，尤其是进入混合云的场景下，原有的安全物理边界被打破，同时在端侧，随着海量物联设备接入。现在的网络不仅需要连接人，同时还要连接物，这些海量联接将导致更多的潜在威胁。从统计

数字看，全球平均每天产生的恶意邮件多达 4.65 亿件，DDoS 威胁攻击较上一年增长 64%。为应对新的安全威胁，2019 年国家发布了新的信息技术等级保护标准，重点解决云计算、物联网、移动互联和工控领域信息系统的等级保护问题，等级保护正式进入 2.0 时代。同时中国基于 IPv6 战略，要求各行业明确 IPv6 安全保护要求，落实网络安全等级保护制度；加强重点领域 IPv6 安全防护体系建设，升级安全系统，强化复杂场景下的 IPv6 安全保障能力。未来的智能云网解决方案要构建 IPv6 安全监测体系，提高 IPv6 安全态势感知、通报预警和应急响应能力，不仅要确保云和网的自身安全，同时还可以向用户提供云网场景下的一体化安全服务，从网络到业务构筑立体化的安全保障。

第二章

智能云网 IPv6+ 技术架构

在国家“十三五”和“十四五”规划《纲要》、《国家信息化发展战略纲要》、《“十三五”国家信息化规划》等战略规划中，都提出加快推进 IPv6 规模部署的方针。经过三年多不懈努力，我国 IPv6 产业发展环境日趋成熟，当前 IPv6 规模部署工作重点已经从第二阶段“好用”向第三阶段“爱用”迈进。在新的阶段更要深入挖掘内生驱动要素，发挥 IPv6 规模部署优势，实现业务创新和产业赋能。

业界普遍认为“IPv6+”体系是基于 IPv6 网络技术体系的全面能力升级。“IPv6+”体系主要体现为由万物互联向万物智联的升级，IPv6 海量地址构建了万物互联的网络基础，“IPv6+”全面升级 IPv6 技术体系，推动 IPv6 走向万物智联，满足多元化应用承载需求，释放产业效能；由消费互联网向产业互联网的升级，IPv6 规模部署构筑了消费互联网基座，面向 5G 和云时代千行百业的数字化转型，“IPv6+”全面升级各行业网络基础设施和应用基础设施，赋能行业数字化、网络化和智能化转型。

华为智能云网解决方案是以智能 IP 网络为基础，可以提供任意云联接 + 确定性体验 + 网络服务化 + 泛在安全的云网安一体化服务。在面向 IPv6+ 演进的过程中，华为智能云网解决方案继续围绕 SRv6 网络可编程、IPv6 Slice ID 切片、确定性体验、APN6 应用感知及保障和 BIERv6 新型组播等技术，持续通过云骨干为企业实现任意云导航，云专网为企业实现确定性体验，云接入保障企业无缝入云，打造云网安一体的泛在安全体系。

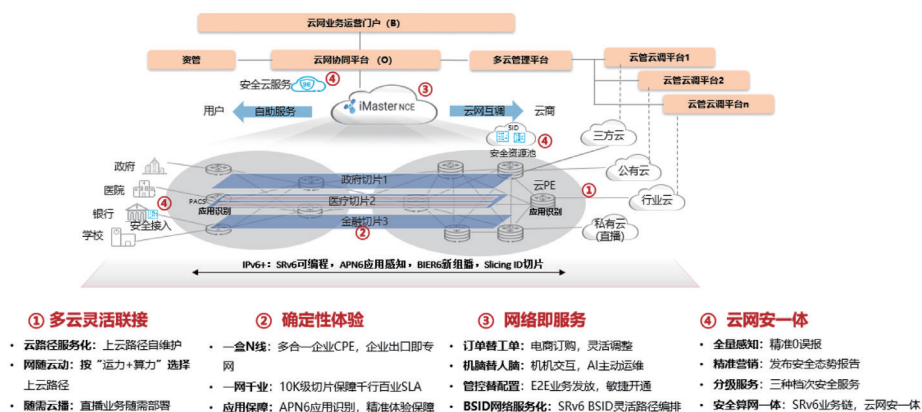


图 2 智能云网 IPv6+ 方案架构

2.1 多云灵活联接

2.1.1 企业一跳入多云

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；同时为支撑不同云间的应用进行灵活调度，需要承载网络将多云打通，为不同云上的资源提供动态、敏捷、按需的互联互通。

华为智能云网解决方案可以提供多云预集成，云网连接预部署，实现入网即入多云；通过云网路径服务化能力实现无缝跨域多云连接，业务敏捷开通；通过多因子智能算法，实现基于应用的多云业务差异化保障。

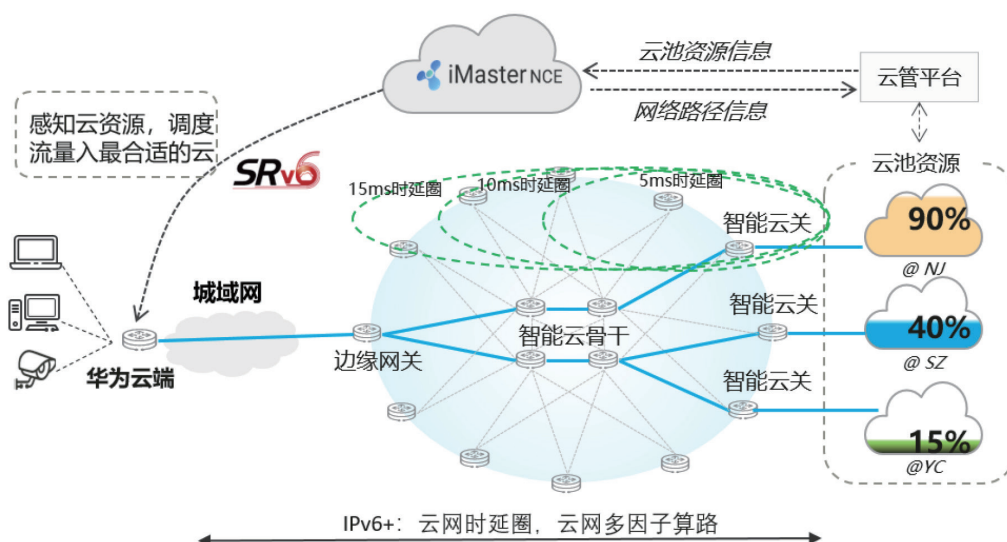


图 3 智能云网实现任意云导航

- 多云集成：智能云关随云部署，将智能云关和云进行预连接，节省云和网连接的资源规划、资源部署时间；智能云网管控平台与云管平台可以直接进行协同，通过 API 调用，交互云池资源信息和网络路径信息，实现云网数据融合，云网业务快速开通。

- 多云接入：支持 IPv6+ 技术的华为云端接入设备通过多点到多点的 SRv6 三层 EVPN 实现一条专线接入多个云平台；通过基于 SRv6 的智能切片技术，实现企业一线多业务，不同切片保障不同业务的 SLA；智能云骨干中边缘网关实现多网泛在接入，通过广覆盖的边缘网关汇集不同网络，实现一点入网，入网即入云。

- 云网时延圈：通过网云高清图，叠加高精度时延测量技术，可以为企业客户提供精准的云网时延圈规划；同时提供用户上云时延路径套餐选择，实现云网资源智能规划能力。

- 多云导航：智能云网方案的重要特征之一是网随云动，进而实现云网一体。所以在传统智能选路的基础上，增量提供多因子智能选路（MFSR）功能。智能网络可以基于云因子（成本、算力、时延等）和网因子（时延、带宽等）进行智能算路，同时实现企业的多云资源自动均衡调度，以及上云路径的最优性价比选择，云网资源利用率可以提升 30%。智能云网方案不仅可以基于企业租户级进行多云选路，也可以基于企业不同应用的 SLA 诉求（如带宽、时延等），提供应用识别能力，为企业多云场景下应用级业务进行差异化保障。

2.1.2 企业随需云播

随着行业、企业的生产和办公业务快速发展，业务形式更加丰富。由最初的图文、语音到视频和实时直播，且直播视频的清晰度要求越来越高，带宽需求也越来越大。由于目前主要采用单播技术，企业需要租用更大的带宽传输这些业务，加重企业的运营成本。面向 IPv6+ 演进的智能云网方案需要解决飞速发展的直播业务对网络造成的带宽压力和成本挑战。

BIERv6 新型组播技术可以为企业提供随需的直播业务承载能力，满足企业生产所需的在线直播诉求。例如气象行业中总部向分支实时同步卫星云图视频，证券行业总部向网点实时同步交易行情，银行总部向各省网点实时会议直播，教育行业实时直播空中课堂等。承载网络可以提供 BIERv6 组播服务，总部云和各分支的网络接入点分别作为 BIERv6 组播的根节点和叶子节点，为企业提供直播组播复制服务；也可以采用企业云服务器自己作为 BIERv6 组播根节点和叶子节点，承载网络只提供组播转发复制服务，实现企业直播业务由云向各分支机构随需复制，节约带宽，提升业务服务质量。

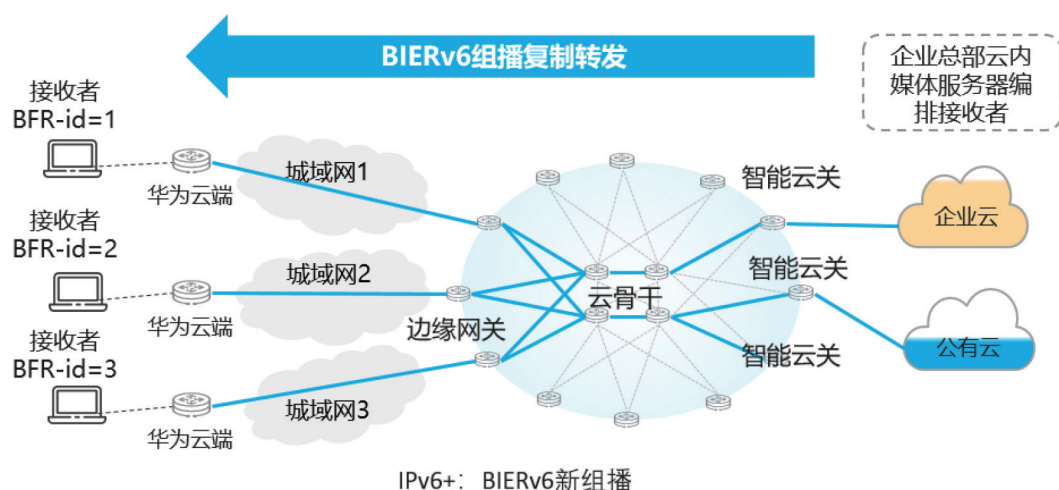


图 4 智能云网实现按需云直播

2.2 确定性体验

为了满足云网业务多样化的 SLA 保障诉求,智能云网方案通过网络切片技术实现不同行业、用户、应用的专属资源的确定性定制,从而保障业务的确定性体验。智能云网的切片方案具有如下的特点:

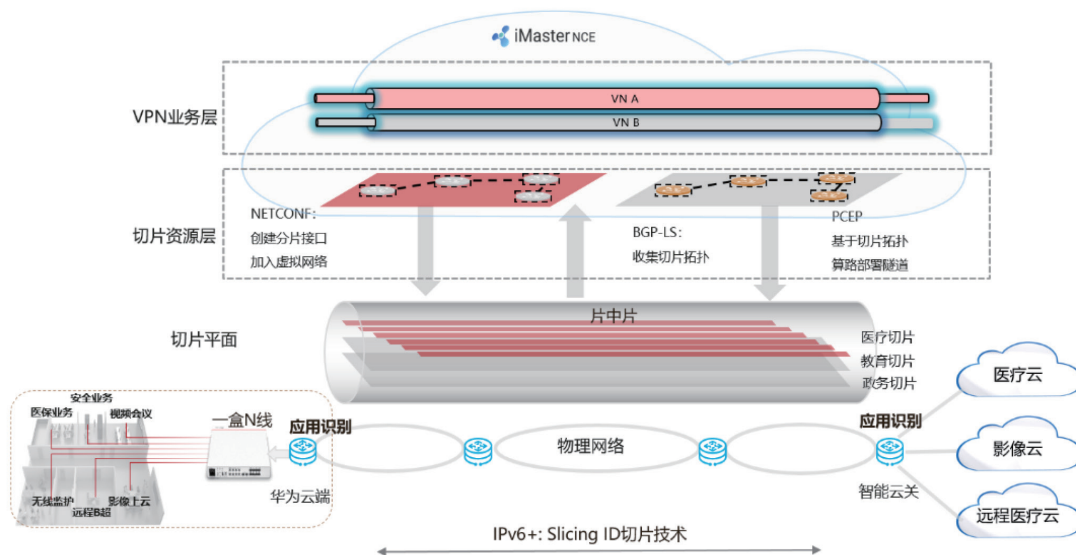


图 5 一盒 N 线接入、“片中片”、应用级确定性保障

·一盒 N 线 “入多云”

面对多样化的企业业务,传统的方案往往采用多条专线、多个网络承载,使用不同的终端来接入,导致成本高,运维复杂。在智能云网解决方案中,通过采用支持 10GE 端口切片能力

的华为云端设备，将切片专网延伸到企业侧，实现多种业务的统一接入，提供了端到端的切片能力。使用一台华为云端可以替代原有的多台不同终端，通过切片云专网统一接入不同的云，实现一盒 N 线“入多云”，在实现业务隔离的同时，显著降低了部署成本和运维的复杂度。

·一网千业“片中片”

针对不同行业 SLA 保障的差异化诉求，智能云网方案需要提供支持不同粒度、不同层次的切片方案。

行业切片：针对行业用户提供基于 FlexE 接口隔离的行业切片专网，该方式下行业用户的业务不受其他行业用户以及 Internet 流量的影响。

用户切片：对于需要重点保障的用户，可以在行业切片中通过 FlexE 子通道进行“片中片”方式进一步提供用户级切片隔离，保障该用户的业务不受其他用户的影响。

·APN6 应用识别，精细粒度体验保障

随着企业的生产业务上云，部分关键应用需要做到可视、可管、可控，同时需要提供高水平的 SLA 保障。在传统方案中，应用的识别和标记，通过逐跳设备配置 ACL 等操作来实现。这种操作方式工作量非常大，对智能云网的规划和部署带来巨大挑战。借助 IPv6+ 技术体系中的 APN6 应用识别技术，业务和 APN ID 形成映射，一次部署，整网通用。网络中的设备通过 APN ID 的识别，可将应用调度到对应的业务分片中，实现细粒度的差分服务。同时网络中的设备还可基于 APN ID 的识别，实现应用级的随流检测，提供应用级 SLA 可视能力。

·Slice ID 切片

智能云网中存在行业、租户和应用等不同层次业务隔离的诉求，对网络的多层次切片提出了诉求。智能云网解决方案需要能提供 M 级别的切片粒度和 10K 级的切片规格，满足“一网千业”所需的多层次、大规格、细粒度的切片隔离承载能力，提供 10+ 倍的商业变现能力。

创新的 Slice ID（切片 ID）切片技术，采用在 IPv6 扩展报文头中携带 Slice ID。网络设备通过 Slice ID 识别业务报文所属切片，并根据 Slice ID 进行切片资源保障。网络设备采用 Slice ID 切片技术后，设备上即使同时存在多个切片，也不会造成分片转发路径的错乱。Slice ID 切片技术极大降低了网络协议的复杂性，提升了网络切片规格。

·一键部署“随用随切”

智能云网支持灵活的切片部署方式。切片部署可采用分步式部署，使用智能云网控制器先创建切片，再部署业务并选择已创建好的切片；也可采取一键式部署，在部署业务的时候同时

驱动切片创建。切片部署在分钟级完成，以满足业务诉求。

当切片业务负载变化时，智能云网控制器会根据用户行为、业务流量模型和流量增长情况，对切片资源进行智能化弹性扩缩容，并且在进行资源调整的同时，业务不受任何影响，充分保证业务的稳定性。

2.3 网络即服务

随着云网融合时代的到来，云网业务的目标是从传统的工单模式向电商化订单模式转变，由人力交互模式向机机模式、智能主动运维模式转变，并具备 E2E 业务自动发放、敏捷开通的能力；云网的资源和能力需要以快速、按需、灵活的服务化形式提供给企业客户，实现云网资源的服务化转型。

华为智能云网解决方案通过新一代云网运营系统，基于网络服务化的理念，以租户使用者和网络运维者的视角来重新定义网络服务能力，将用户无须感知的技术实现细节进行屏蔽，利用意图编排、事前仿真、事后验证等核心技术，实现网络全生命周期的极致自动化。从而替代传统工单驱动，人与人流程配合的落后方式，实现租户云网产品电商化购物体验。

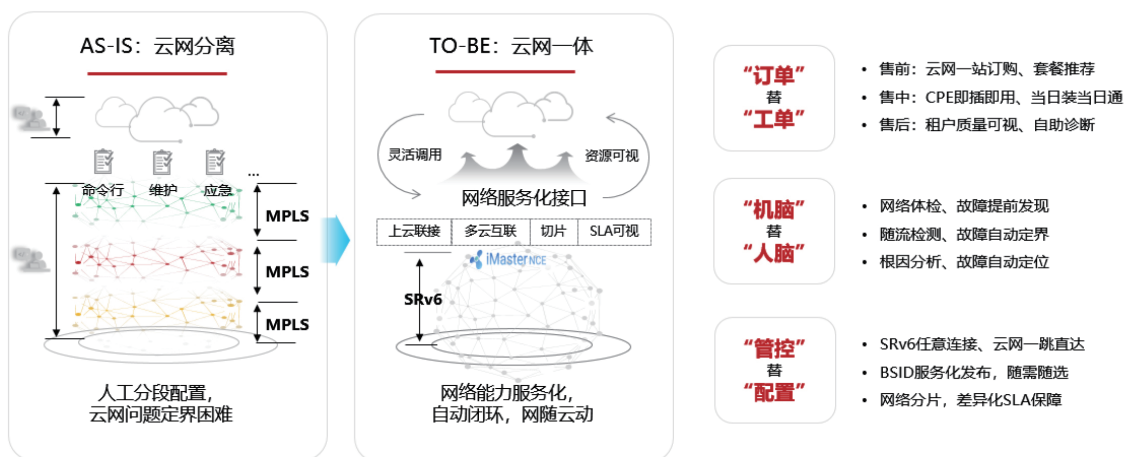


图 6 网络服务化能力

2.3.1 新一代云网运营系统

新一代云网运营系统聚焦云网产品设计，从售前、售中、售后三个维度全面提升用户体验。

• **售前：**云网资源统一管理和可视，在售前阶段租户就能获知开通预估时长，联接预估时延等 SLA 参数，实现业务开通前的可承诺。当存在多云池选择时，也可以基于云池的计算资源成本、网络连接成本、时延、带宽等多因子，给出最优云网业务方案推荐。



图 7 售前云网资源可视、SLA 可承诺

·**售中**：硬装一次进门，扫码当日开通，当日验收，实现云网业务一次开通；跨域专线，实现一点即通；云网之间通过预集成打通 OB 域，云网业务单 Portal 即可打通；业务布放前，提供对网络和业务的仿真能力。



图 8 售中工单自动流转、敏捷开通

·**售后**：云网产品 SLA 质量的事后验证和实时可视，租户故障自主排障；从网络运维人员角度，对存量全业务的状态、健康度可视；对于故障业务提供 IFIT 随流检测能力和快速定界能力；提供故障的根因分析和定位能力，故障发生即解决，避免二次发生和故障管理升级。



图 9 售后业务 SLA 可视、故障快速恢复

2.3.2 网络服务化 IPv6+ 技术使能

·SRv6 BSID 提供云网路径服务化

智能云网通过 SRv6 BSID 技术，实现了云网路径服务化的能力。在跨越多个区域的网络中，不同区域的网络由不同的网络控制器管理，打通端到端的入云路径，需要多个网络控制器之间的协同。在智能云网中采用 SRv6 BSID 可快速实现跨域业务开通。单域控制器负责收集本域业务路径服务 BSID，提供给上层控制器或接入网络控制器。上层控制器或接入网络控制通过拼接多个域控制器上报的 BSID，进行端到端的路径编排。SRv6 BSID 技术使得跨域业务部署更便捷，故障收敛时间最小化。

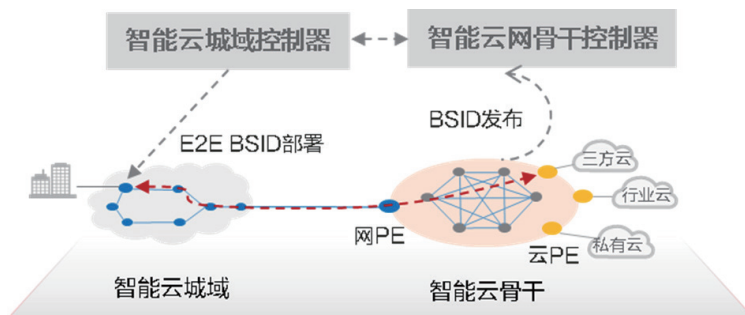


图 10 SRv6 BSID 云网路径服务化

·SRv6 SID 提供云网增值业务服务化

智能云网通过云网业务运营平台，面向用户提供基础业务和增值服务。用户通过云网业务运营平台自主选择增值服务。云网业务运营平台负责将用户的增值服务需求下发给服务化编排系统。服务化编排系统负责将用户所需的增值服务分解到一个或多个服务节点，为服务节点分

配 SRv6 SID 并下发至网络控制器。网络控制器将承载业务的网络路径 SID 组与服务 SID 组进行编排，形成统一的增值服务 SRv6 业务链，为用户提供网络增值服务。

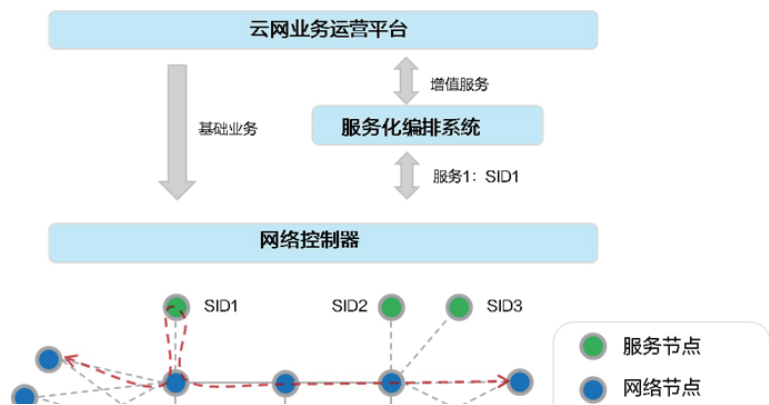


图 11 SRv6 SID 云网增值业务服务化

2.4 云网安一体

智能云网可以通过内生安全方案对网络基础设施进行防护，通过云网安全服务方案满足运营商云网业务安全按需开通的诉求。

2.4.1 网络内生安全

网络内生安全方案设计目标是通过加固网络设备自身安全以及内置安全检测能力对安全事件进行分析，实现对网络基础设施威胁的精准判定、快速阻断，从而减少业务受损时间。

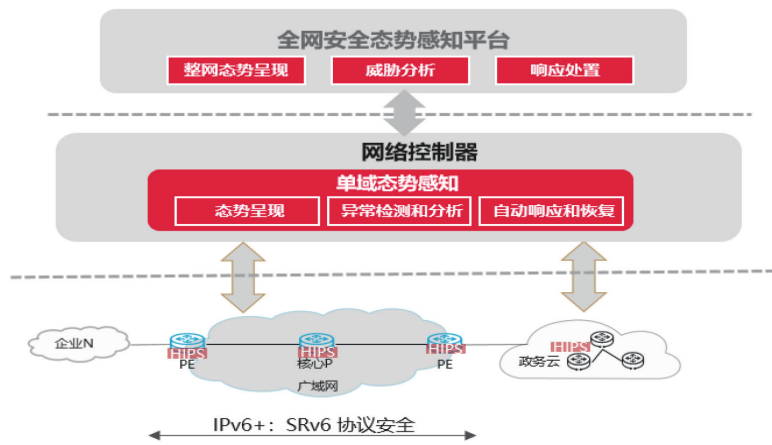


图 12 网络内生安全方案架构

·E2E 云网内生安全能力

- 1. 多级资产可视（整网、单域、网元、资源）。
- 2. 跨域（云、网）安全关联分析，威胁态势统一呈现。
- 3. 跨域（云、网）安全自动响应、编排、恢复。

·网络管控层内生安全能力

1. 单域安全态势感知，设备和人员的威胁行为检测，并进行关联分析。
2. 攻击路径分析和可视化呈现，缩短威胁事件定位时间。

·单网元内生安全能力

1. 内置 HIPS 组件提供网元设备入侵检测能力，能够识别主流 30 多种典型威胁，组件平均 CPU 占用需要小于 1%。
2. 网元畸形报文检测防护，DDoS 攻击防护，黑白名单防护等，满足电信级可靠性要求。
3. 网元间协议认证，防止与仿冒节点建立路由邻居。部署 RPKI 服务器，对出、入方向路由进行 ROA 校验；部署 BMP 实时监控 BGP 邻居状态、路由发布信息等，给出告警处理建议和措施；防御路由泄露与路由劫持，保证智能云网架构的组网安全。
4. 管控业务采用安全协议实现南北向管控业务安全交互；

·SRv6 协议安全

智能云网使用 SRv6 网络可编程，实现业务端到端流量调度，简化网络协议，提升了用户体验保障，但也需要防范带来的安全威胁。例如修改 SRv6 转发 SID list 信息，实现流量劫持；攻击者在 SRH 中注入重复出现的 SID，构造节点之间的环回流量，占用网络资源，实现 DDoS 攻击。在 SRv6 部署时，首先要实现 SRv6 HMAC 校验，提供 IP 头防篡改能力；同时 SRv6 需要支持 ACL 过滤能力，SRv6 BSID 鉴权能力，保证非法地址无权访问网络，非授权用户无法访问网络。SRv6 信任域网络安全原则如下：

- 原则 1：定义明确的 SRv6 信任域边界，SRv6 域外不可信。
- 原则 2：SRv6 域内 SID 空间统一分配，通信面不将 SRv6 域的 SID 地址暴露到 SRv6 域外。
- 原则 3：显示路由信息不回通过管理域的边界泄露。
- 原则 4：SRv6 节点收到的报文，目的地址已显示申明 Local SID 时，才进行 SRH 处理，否则丢弃报文。

智能云网内生安全解决方案为运营商提供了多维度入侵检测、安全态势分析，以及威胁自动闭环等功能，为运营商云网的安全提供了有力的保障。

2.4.2 云网安全服务

在企业业务上多云场景中，需要对多云业务进行防护。当前必须不同的云上分别部署安

全功能，多份部署多份投资。如果安全能力以资源池的形式统一部署，以服务化的形式提供给企业租户，可以实现运营商少投资（节省 50%），企业租户少投入（节省 50%），同时可以通过云网安一体化服务大幅提升用户体验。

当前全球网络威胁形势不断变化，新型攻击复杂且隐蔽，攻击频率和严重程度不断增长。传统云和网络中的安全设备各自为战，会导致威胁检测及响应周期长，安全风险不能及时发现和处理。如果安全控制器实现全网安全设备的统一管理、统一策略优化，同时部署统一的智能安全分析平台为企业租户提供威胁检测和安全运维的能力，那么运营商就可以实现对威胁的精准判定、快速阻断，从而大幅降低企业租户的安全风险。

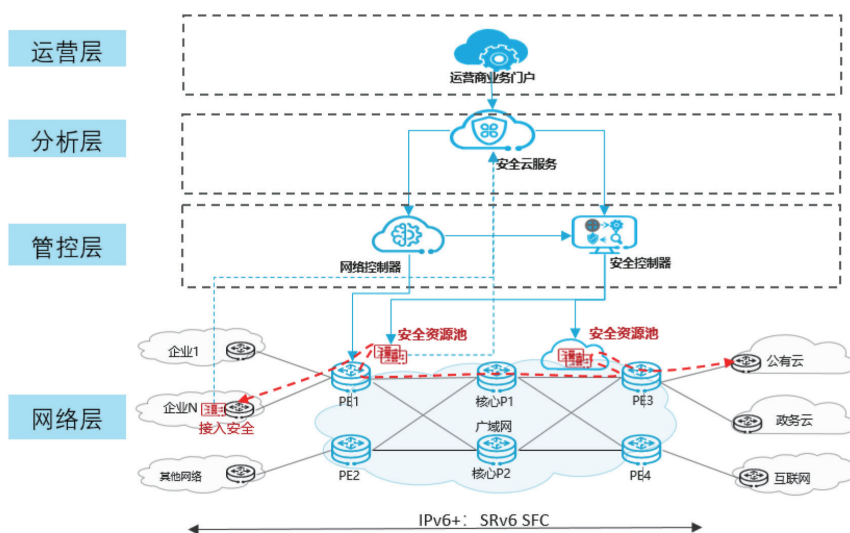


图 13 云网安服务一体化解决方案

·安全云服务智能分析器

云网安一体解决方案提供安全云服务智能分析器，对网络进行监控和网络行为数据进行深度钻取；利用深度神经网络算法和机器学习技术，实现威胁自学习检测，及时发现潜在威胁，并可以调度网络设备和安全设备协同处置，实现近源阻断，防止攻击横向扩散。

·统一的安全控制器

云网安一体解决方案提供统一的安全控制器，同传统软硬件防御系统的安全组件协同，实现统一安全业务编排与管理，保证全网策略一致，与网络控制器联动，实现云网安业务一键开通。

·安全设备灵活组合

安全功能通过池组化的安全设备和独占式的安全设备灵活组合，完成安全事件的采集

上报和安全防御动作的执行；上报的安全事件数据包括 Syslog 日志、事件、Metadata、NetFlow、信誉等；安全防御的动作包括告警、阻断等。

·SRv6 SFC 技术应用

智能云网安全方案使用 SRv6 SFC 能力，通过集中编排 Topo SID 和 Service SID，以实现 Stateless SFC 的设计理念，这与传统的 PBR、NSH 等方案有了本质的不同。SRv6 SFC 基于一种协议能力，实现了网络 overlay 层面的路径能力和业务层面的路径能力，且中间节点无状态，可以支持海量的安全业务。

基于上述安全方案架构，智能云网可提供安全威胁全量感知、安全服务精准营销和分级安全服务等端到端的安全能力。

全量感知：安全感知集群与云端平台联动，对全网安全态势精准感知，实现零误报。

精准营销：安全态势数据和用户账户关联匹配，输出政企客户安全态势报告，精准指导运营商一线人员进行安全营销动作。

分级服务：池组化安全设备、独占式安全设备、云端服务灵活组合，提供三种档次安全服务，匹配政企用户安全诉求，达成运营变现。

·低阶防护：承载网部署安全资源池，租户通过共享安全资源方式使用安全能力。

·中阶防护：租户本地部署天关安全设备，配合乾坤云系统，实现独享硬件安全资源。

·高阶防护：租户本地部署天关安全设备独享硬件资源，同时通过共享安全资源池方式，提供多云和网络的安全一体化防护；也可以叠加云内的安全能力，为用户提供等保二、三级安全服务。

基于政务、医疗、教育等行业场景的深入理解和洞察，华为智能云网解决方案提供了云网安一体的场景化能力，助力运营商打造面向不同行业的解决方案，支撑行业数字化转型。

第三章

智能云网 IPv6+ 行业应用场景

■ 3.1 智能云网政府行业解决方案

国家政策驱动职能型政府转向服务型政府，让人民群众不推一扇门，不见一个人，办成所有事。国务院发文要求以推行电子政务、建设新型智慧城市等为抓手，以数据集中和共享为途径，建设一体化的云数据中心，推进三融五跨（技术融合、业务融合、数据融合，实现跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同管理和服务），实现数字政府及数字社会。

在数字政府和数字社会演进的过程中，基础设施也将走向集约化。第一阶段（集约化 1.0）完成各委办局业务上云，实现信息流共享；第二阶段（集约化 2.0）实现政社融合，政务、医疗、民生、交通等多类业务融合统一承载，打造一张网、一片云、一体化安全、统一的数字平台（大数据、AI 等能力）管控。

基础设施的集约化也带来了巨大的挑战：一网多业务承载面临业务安全难隔离、SLA 难保证等困难；业务开通周期长（开通时间 >7 天）；被动式运维、定位定界效率低（天级）；网络安全防护省市强，县乡弱，无法联防联控。

新业务扩展效率低。个局厅一般包括省 - 市 - 区县上百个接入点，智能化新业务（如智慧城市，防火应急，云会议等）不断叠加，每次新业务部署都会带来网络的评估和升级，一般需要 1~4 周。希望服务商能快速提供省 - 市 - 区县多级覆盖的新专网，既能保障安全隔离，又能在分钟级完成业务新增，降低新业务推广难度。

多业务混跑，体验相互影响。比如防火应急，业务平时没有流量，但是紧急情况要求带宽和体验绝对保障，否则可能导致抢险和救治的延误，因此要求防火应急业务的资源提前预留和隔离出来，做到业务级的隔离和保障。

安全合规难保证。公安部每年定期做护网行动，而大部分厅局只有总部有防火墙，分支完全没有安全防护。重建一个安全团队成本极高，所以要求一种常态化、集约化的安全解决方案，通过常态化让风险及时暴露、通过集约化降低安全服务的成本。

华为同某运营商合作，建设泛政务业务专网，提供了覆盖全省范围的云网安一体解决方案。

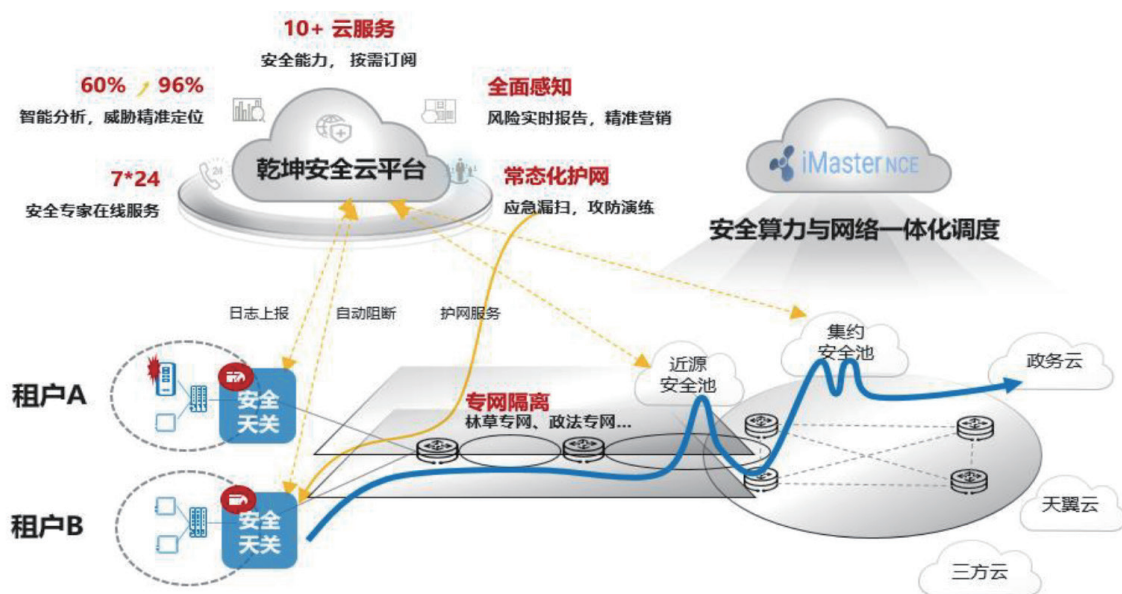


图 14 智能云网政府行业解决方案

·**专网隔离**：基于全省覆盖的行业切片专网，通过切片技术为应急防火、办公、视频、物联等业务提供泛在接入和安全隔离，保障了差异化 SLA 和专网级体验。

·**智能联接**：SRv6+SDN 实现业务分钟级开通，敏捷上云；固移融合满足海量物联、视频、政府办公等有线 /5G 全地域接入要求。iMaster NCE +iFIT 真实业务检测，实时可视，智能定位、排障和预测。

·**云网安一体**：安全池算力和大网一体化调度，内外网络风险实时报告，随时可管可视；7*24 小时 AI 智能分析 + 安全专家在线服务，云端集成应急漏扫和攻防演练服务，可随时护网；按需服务，乾坤云和安全池提供丰富服务，安全能力按需订阅，云端集成 AI 智能分析，威胁精准定位，自动阻断。

■ 3.2 智能云网医疗行业解决方案

当今医疗优质资源相对短缺且向大城市高度集中的问题普遍存在，直接导致人民群众看病难。各国都在推进医疗改革来解决这一问题，例如中国推进分级诊疗，构建多种形式的医联体（县域医共体、城市医疗集团、边远地区远程医疗协作网和跨区域专科联盟），让优质医疗资源上下贯通，提升基础医疗服务能力，来破解群众看病之“痛”。但我国基础医疗卫生机构占比高（国家卫健委统计，截止 2021 年 3 月底，全国医疗卫生机构数量为 102.6 万，其中基础医疗卫生机构为 97.3 万个，占比 94.8%）而医疗业务和信息化水平低，难以有效支持分级诊疗政策落实。因此国家和地方都在积极推动医疗信息化，实现信息共享，支持医疗协作的顺利开展。由于云化部署能够促进信息共享、大幅简化运维成本并快速满足安全等保要求，使得医疗行业各生产系统上云成为趋势。同时国家在《关于加快推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署和应用工作的通知》中对医疗行业信息化提出了明确要求，要求推动数字医疗健康和社会保障信息化 IPv6 应用，推动远程医疗、医院信息化、智慧健康养老、社会保障信息化等领域服务平台支持 IPv6。

当前医院上云过程中，存在以下几大典型挑战和需求：

- 医院核心业务系统对网络有不同的 SLA 保障诉求，且需要提供确定性的体验保障。根据某三方调研数据，医疗影像 PACS 系统上云要求带宽 $\geq 300\text{Mbps}$ 、双向时延 $\leq 7\text{ms}$ 、丢包率 $\leq 0.07\%$ ，单纯提高带宽对体验的提升存在天花板，体验的进一步提升需要优化时延、抖动和丢包。

- 医院对外需连接医保、省市县各级卫健委、远程医疗平台、财税、银行等多个外部系统。医院核心业务系统上云后，多系统之间的信息交互由南北变为东西（云间），但是由于网络架构没有调整，云间东西向流量互访仍需到医院内部进行绕转，导致流量绕行、安全性下降、故障点增加。

- 医院承载着治病救人的社会责任，核心系统上云对可视化、可靠性诉求高。很多医院院内信息化（云网安）全部实现数字化和冗余保护，但进入运营商云网就变成“黑盒子”，希望提供云网安一体可视化能力，实现院内院外信息化水平“一致”。

华为智能云网解决方案通过华为云端一纤多用 + 医疗行业切片专网 + 云骨干为医疗机构提供云网安一体化服务，解决医疗上云关键挑战和诉求，助力医疗行业信息化改革和 IPv6 规模部署工作的落地。

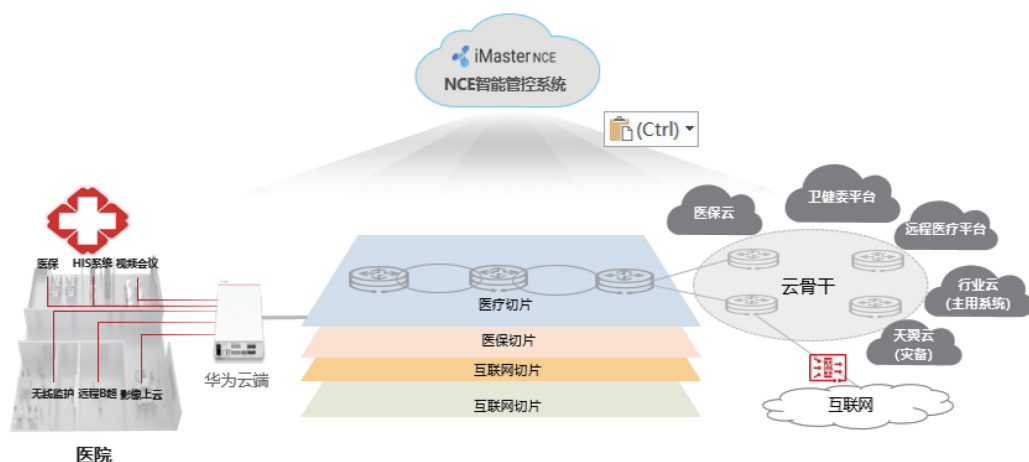


图 15 智能云网医疗行业解决方案

- 多云灵活互联：云骨干汇聚多云多网，东西向流量打通，满足云间东西流量直达，减少流量绕转。
- 一纤多用：华为云端一纤多用，实现一个接入设备承载多种业务，大幅度简化院内运维复杂度；并提供租户级端到端切片安全隔离能力，通过切片技术将医疗业务和其他行业业务安全隔离，同时通过“片中片”功能进一步满足不同医疗业务间的差异化诉求，例如保证 HIS 业务和医疗影像业务不同的确定性 SLA 保障诉求。
- 网络数字化：iMaster NCE 智能管控平台网络服务化，与 O/B 域快速集成，实现医疗云网业务分钟级开通，并提供业务级 SLA 可视化、网络动态弹性调整等数字化能力。

■ 3.3 智能云网教育行业解决方案

国家“教育现代化 2035”和“教育信息化 2.0”战略计划不断深入，明确开展教育信息化，推动 IPv6 与教育新型基础设施融合发展。教育行业发挥“互联网 + 教育”优势，推行“一校带多点、一校带多校”，“实施教育提质扩容工程，打造产教融合平台”，解决教育信息化面临的主要问题：教育资源失衡、教育信息孤岛化、教育内容相对实际产业要求落后等。教育行业通过教育专网和教育云的建设，发展远程教育、智慧课堂、产教结合等新型教育模式。教育行业通过信息上云解决教育资源不均，加速教育信息共享；推动教育供给和产业需求精准对接，加快信息技术与教育深度融合。

当前教育上云面临如下典型挑战：

- 在线教育、远程教育体验差：无法满足大量交互视频业务的要求（远程教育：带宽 >400Mbps/ 教室，VR 课堂：带宽 >50Mbps/ 学生、时延 <20ms）。

· 教育安防、考务信息数据安全得不到保障：采用互联网专线数据暴露在非安全的公众区域，易泄露。

· 企业实训远程操作需要高质量上云连接：仿真测试 / 远程操作要求时延 <15ms、丢包 <0.01%。

华为智能云网教育行业解决方案，通过 IPv6+ 切片新技术的应用，实现一网多用安全隔离、高质量 SLA 保障连接快速入多云等能力，推进教育信息化建设，助力教育信息化 2.0 上云高质量承载，和产教融合高质量连接要求。

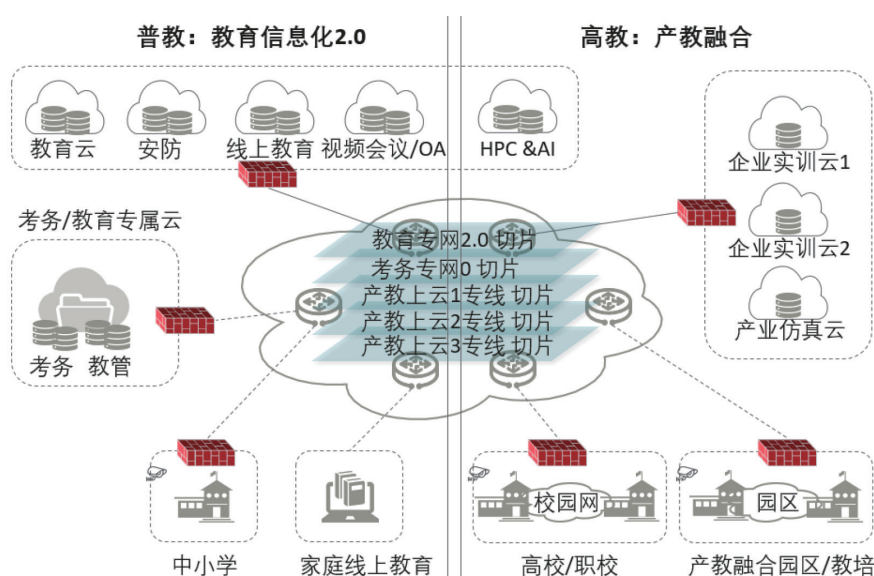


图 16 智能云网教育行业解决方案

· 新建考试业务专网切片与公众网络隔离，防止考试信息泄露；同时专网切片内通过二级切片技术提供考务和考点视频业务的 SLA 保障。

· 新建教育专网 2.0，各级学校与教育资源平台、教育管理平台灵活访问，教育业务多云互通，上云业务各学校 / 各班级一点接入，实现优质教育资源共享。

· 新建产教结合切片专网保障学校与产业云对接质量，提供高质量实训课程的 SLA 连接保障。各高校、教培园区等灵活接入切片专网，实现与产业云上教育资源一点接入、灵活访问。低时延、安全可靠的切片专网连接质量保证实训实操顺畅，满足产业生产实习的远程获取，实现教育质量提升，更好的为产业发展服务。

· 智能管控平台提供云网分钟级集成。面向数量众多的考办、考点和考场提供考试业务一线快速入云能力；面向各高校、产业和实训机构提供高质量连接的一键快速入云能力。

■ 3.4 智能云网工业行业解决方案

2021 年 1 月 13 日，工信部印发了《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023 年）》，行动计划指出，2021-2023 年是我国工业互联网的快速成长期，要进一步完善新型基础设施、彰显融合应用成效、提升技术创新能力、健全产业发展生态和增强安全保障能力。工业互联网与制造业的融合将使能新的工业领域应用—智能制造，面向产品全生命周期，通过智能化的感知、人机交互、决策和执行技术，实现设计过程、制造过程和制造装备智能化，是信息化与工业化深度融合的大趋势。工业互联网具有自组织能力、自律能力、自学习和自维护能力等特征，并要求网络能够支持如下应用：智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务化延伸等。

在目前的工业生产场景中，智能设备或智能生产流水线的智能全部来自本机自带的硬件（包括计算资源、存储资源和相应的软件）。智能设备的硬件和软件是不分离的，智能设备的改造升级往往会受到硬件资源的限制。未来，智能化生产中的智能不一定完全来自本机自带的硬件（包括计算资源、存储资源和相应的软件），它可以来自外部的“云”或提供“大数据”和“AI”能力的设备，通过网络实现联通本地和远端的“云”。这种场景就是要将“云计算”、“大数据”和“AI”的能力带到本地终端，生产业务上云，这对网络的带宽和时延提出极高的要求，要求在二层网络甚至三层网络上，提供与本地集成智能一体机的内部通信相近或相同的能力。

工业互联网场景中的网络化协同，核心问题是“构建虚拟工厂”，简单来说就是虚拟化流水线、虚拟化工作室等。网络不仅要承载“制造和物流的信息流”，还要承载“生产过程中的控制流”。由于它承载了产业的全部信息，它不仅要求网络能提供高度安全可信的能力、极高的确定性服务质量保证、极高的自管理和自控制能力，还要求网络提供完全隔离的网络，做到信息隔离、资源独立。

服务化延伸是要将原来的产品制造升级为服务提供，除了提供传统的产品，还需要提供进一步的服务。以汽车制造业为例，客户在终端下订单通常需要等待几周到几个月的时间，在这个时间内，无法感知生产过程。所以需要通过把制造展示的方式，让客户看到中间的实时状态，增强消费信心。结合以上诉求，需要工业行业网络需要具备三个能力：多云多分支灵活连接、确定性承载、一体化服务。

华为智能云网工业行业解决方案，通过云骨干 + SRv6 技术实现一线入多云、一跳入云，生产和办公业务在多云间灵活交互；通过切片实现业务隔离，确定性承载；通过华为云端 + 智能云网实现一体化服务，企业只需要放置一个华为云端设备，就可以实现服务的快速获取，业

务变更分钟级完成，一线入多云；同时通过 IFIT 实现流量可视，故障快速恢复。

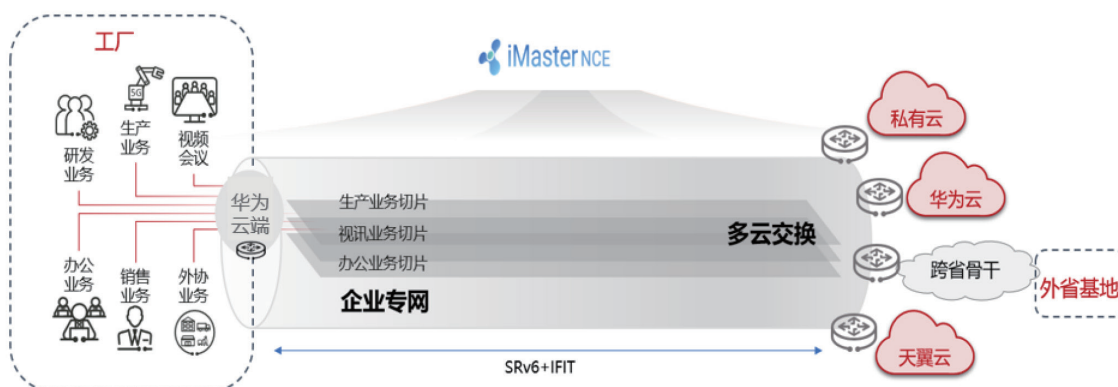


图 17 智能云网工业行业解决方案

·灵活多云，快速通。

1. 多云随选，一线入多云。
2. 多云高速互联。
3. 多基地和多云互联。

·可靠网络，连接稳。

1. 网络高可靠，50ms 级故障保护。
2. 网络专享，不同业务间硬隔离。
3. 生产业务 us 级抖动。

·一体化服务，免维护。

1. E2E 业务质量可视。
2. 业务故障分钟级快速定界。
3. 电商体验，在线服务。

■ 3.5 智能云网气象行业解决方案

随着国家经济发展和人民生活水平的提高，各级政府管理部门进一步提升和完善防灾减灾、应急处置能力，以保障和改善民生。政府管理部门明确提出：强化安全生产责任。加强洪涝、火灾、地震等灾害防御，做好气象服务，提高应急救援和防灾减灾能力。实施安全生产专项整治。坚决遏制重特事故发生。气象业务主要包括 24 小时卫星监测云图和回传及同步等专业气象服务、气象灾害防御、公众气象服务、重大活动气象保障服务等。气象业务具有数据量大、类型多样、时延敏感的特征，当前 24 小时卫星云图业务带宽为 100Mbps，未来会发展为 500Mbps，因此对网络传输的带宽、时延、可靠性要求比较高。

国家气象局原本采用通信卫星将数值预报、天气雷达、天气预报等组播流量传递给省、市、县气象局。随着 5G 业务的快速发展，卫星传输受到 5G 天线干扰，需要通过地面网络传输。智能云网组播承载解决方案，可在云服务器上对接收者进行 BIERv6 头部编排，将接收者 ID 编排成 BitString 携带在报文中。网络提供 BIERv6 组播复制能力，将报文复制并转发到接收者所在的边缘节点，并在边缘节点将 BIERv6 头部弹出，以原始组播报文格式发给接收者，完成气象总部云向分支接收者实时同步推送视频、会议、指令等能力。智能云网组播承载解决方案解决气象行业大数据高可靠、低丢包率、实时传输的问题，实现随享云播。

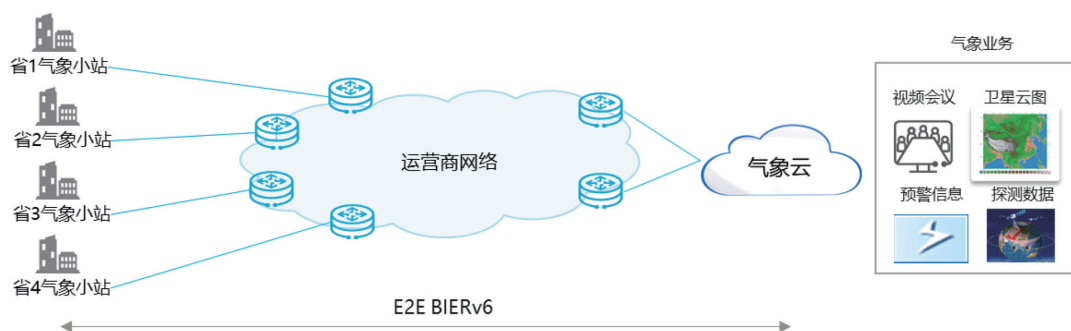


图 18 智能云网气象行业解决方案

·**随享云播，即插即用：**气象总局根据要发布的接收者信息在发送者云端服务器上对接收者进行编码，并在接收者路由器设置 PHP，解封装 Outer IPv6 头部并将原始报文转发给用户，网络只需提供 BIERv6 组播复制能力，无需设置组播根节点。接收者路由器只需做简单设置即可快速加入、业务开通快捷，适用于企业一对多业务场景。

·**智能联结，高可靠性：**BIERv6 协议是无状态组播承载协议，具有 Native IPv6 转发的优点和丰富的编程能力，故障后能快速收敛，简化和统一了网络协议，提供满足业务 SLA 要求的高可靠承载能力。

·**智能运维，管理集约：**BIERv6 具有丰富的编程能力和头端控制能力，通过简单的头端控制可完成流量统计、随流质量检测等能力。BIERv6 根据统计和检测结果提前发现丢包、乱序等故障并主动分析定位故障点，及早修复问题；无需网络大量设备基于流部署，极大提升了运维能力，降低了管理成本。

第四章

总结与展望

随着网络和业务的发展，IPv6 是互联网升级演进的必然趋势。中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部、中央网络安全和信息化委员会办公室等各委办部局均于近期发文推进 IPv6 的规模部署应用和 IPv6 流量提升计划。云网融合服务是运营商业务的核心抓手，因此也是 IPv6 演进和 IPv6+ 创新项目部署的重要场景。基于云网融合的智能云网 IPv6+ 解决方案深入理解行业需求，围绕多云灵活联接、确定性体验、网络即服务、云网安一体等方面，提供了 SRv6 智能连接、IFIT 随流检测、网络切片确定性体验、一体化安全等创新技术和方案，丰富了云网安一体化能力与用户体验，助力千行百业数字化和 IPv6 化转型，加速我国网络和应用的整体 IPv6 进程。

展望未来，华为将坚定不移推进 IPv6+ 技术演进，试点和部署更多智能云网 IPv6+ 创新性方案，如 BIERv6 新型组播、APN6 应用感知网络等。运营商结合国家对 IPv6 规模部署和应用的节奏要求，最终完成 IPv6 单栈的演进过渡，支撑 IPv6 与经济社会各行业各部门全面深度融合应用，确保我国成为全球互联网技术创新、产业发展、设施建设、应用服务、安全保障、网络治理等领域的重要力量。

华为技术有限公司

地址：深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编：518129

网址：<http://www.huawei.com>

客户服务邮箱：support@huawei.com

客户服务电话：4008302118

版权所有 © 华为技术有限公司2020。保留一切权利。

非经本公司书面许可，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。