中兴通讯技术 简讯

ZTE TECHNOLOGIES

2021年6月/第6期
准印证号：（粤B）L011030048
内部资料
免费交流

VIP访谈

06 WindTre：5G加速意大利数字化转型

视点

09 以数据为中心，构建确定性、服务化和内生安全的新网络

专题：5G新IP

14 5G新IP：新架构，新技术，新服务

封面人物 | WindTre首席执行官 Jeffrey Hedberg

扫码体验移动阅读

第25卷/第06期
总第393期

中兴通讯技术（简讯）
ZHONG XING TONG XUN JI SHU（JIAN XUN）
月刊（1996年创刊）
中兴通讯股份有限公司主办

《中兴通讯技术（简讯）》顾问委员会
主　任：刘　健
副主任：孙方平　俞义方　张万春　朱永兴
顾　问：柏　钢　陈新宇　方　晖　刘金龙
　　陆　平　洪功存　衡云军　王　强

《中兴通讯技术（简讯）》编辑委员会
主　任：林晓东
副主任：黄新明
编　委：陈宗琮　丁　翔　胡俊劼　黄新明
　　姜　文　刘　群　林晓东　马　金
　　王　全　杨兆江

《中兴通讯技术（简讯）》编辑部
总编：林晓东
常务副总编：黄新明
编辑部主任：刘杨
执行主编：方丽
发行：王萍萍

主办单位：中兴通讯技术杂志社
编辑：《中兴通讯技术（简讯）》编辑部
发行范围：国内业务相关单位
印数：10000本
地址：深圳市科技南路55号
邮编：518057
发行部电话：0551-65533356
网址：http://www.zte.com.cn

设计：深圳市奥尔美广告有限公司
印刷：深圳市旺盈彩盒纸品有限公司
印刷日期：2021年6月25日

胡龙斌
承载网产品副总经理

新技术，新产品，构建数字经济网络底座

当前，数字经济通过不断升级的网络基础设施与算力设施等信息工具推动人类经济形态由工业经济向信息经济一知识经济一智慧经济形态转化，极大地降低社会交易成本，提高资源优化配置效率。

数字经济依赖人工智能（AI）、区块链、云计算、物联网等新一代信息技术，这些新技术都需要高效的承载网络，高效承载网络决定着数字经济的规模和效率。中兴通讯和国内外运营商及行业合作伙伴紧密合作，从芯片到产品，再到组网技术都取得了一系列令人瞩目的新进展、新成绩。

网络的核心引擎——芯片是数据产品的核心基石，也是当今科技产业的核心竞争力。中兴通讯凭借多年的技术实力累积，平均每1.5~2年发布更新一代芯片，在核心指标上不断提升超越，在网络处理器及超大容量交换芯片上已达到业界领先水平。

在新技术上，中兴通讯与国内外运营商及合作伙伴深入合作创新，和中国移动共同完成了G-SRv6的现网验证，大幅度提升网络承载效率；与中国电信研究院及中国电信云公司合作，完成核心路由器液冷技术验证，节能降耗达到30%以上。

在标准创新上，我们和国内外专家合作，在新一代组网技术标准上不断创新：基于SDN的标准化IP网络性能检测协议，软硬件统一切片方案，将复杂的网络切片方案变得更加简洁高效；同时我们在SRv6/BIER/确定性网络等关键技术上提出一系列创新标准，让IP技术更好地服务于未来网络。

当前网络技术发展迅猛，业务要求和技术双轮驱动，一系列深刻的变化正在发生。中兴通讯携手国内外运营商和合作伙伴，共同推动网络技术创新，构建强大的网络基础设施，推动全社会加速步入万物感知、万物互联和万物智能的新时代。

目次

中兴通讯技术（简讯）2021年/第6期

WindTre：5G加速意大利数字化转型

WindTre首席执行官Jeffrey Hedberg谈到了在后疫情时代加快光纤、5G、FWA部署，推动数字化转型，以及发展数字技能的必要性。作为一名业内资深人士，他还与我们分享了他的工作经验。

VIP访谈

06 WindTre：5G加速意大利数字化转型/Alessio De Sio

视点

09 以数据为中心，构建确定性、服务化和内生安全的新网络 /陶文强

专题：5G新IP

14 5G新IP：新架构，新技术，新服务/朱海东

18 运营商云骨干网架构及新技术探讨/朱小龙

21 新型城域网BRAS池化部署方案及实践 /高素勤

24 携手宁夏电信，构建面向用户的场景化切片专网 /吉晓威

26 河南移动：率先完成G-SRv6现网试点验证 /徐晓蕾，郝文胜

29 液冷技术在大容量核心机房能源改造中的应用 /王伟

32 5G 新IP技术及标准进展/魏月华

成功故事

37 中兴通讯助力中国电信骨干网上海“I”节点开通 /朱梦琪

解决方案

39 电信级防火墙方案，构筑5G安全城池/史庭祥

九度斩获中国专利金奖　中兴通讯以创新为源“筑路数字经济”

近日，第二十二届中国专利奖预获奖结果出炉，中兴通讯的一项专利《一种测量参考信号的信令配置系统及方法》荣获中国专利金奖。中国专利奖由国家知识产权局与世界知识产权组织共同开展评选，该奖是中国专利领域的最高荣誉，被誉为专利界的“奥斯卡”。此次获奖，不仅是对中兴通讯专利技术水平的再次认可，更是对中兴通讯长期以来坚持自主创新，强化研发投入，保持技术领先的高度肯定。该获奖专利技术主要应用于4G LTE系统的基站和终端设备，5G New RAT的基站和终端设备，为4G LTE和5G NR的标准必选技术。目前，该方案已被广泛应用到全球的4G、Pre 5G/4.5G和5G通信系统的基站设备和终端设备中。

中兴通讯5G产品再次获得ISO/IEC 27701国际标准认证

近日，中兴通讯5G产品再次顺利通过英国标准协会（BSI）审核，成功获得ISO/IEC 27701：2019（隐私信息管理体系）国际标准认证，有效期3年。本次获取的新证书，同时带有美国认可机构ANAB（ANSI National Accreditation Board）的认可，含金量更高。

本次认证审核范围，覆盖中兴通讯5G　NR和UME产品的研发和维护服务，同时涉及信息安全、人力资源、工服、供应链、行政物业和产品安全等多个业务领域。在2020年5月，中兴通讯5G产品首次通过ISO/IEC 27701隐私信息管理体系认证后，5G产品持续迭代和推进个人隐私数据保护实践，此次复审换证成功，既是对5G产品在用户隐私安全管理和保护能力的充分认可，也是对数据保护合规体系建设水平提升有力印证。

ISO/IEC 27701：2019是目前全球最具权威性的隐私保护标准，该标准由国际标准组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）于2019年8月联合发布，旨在帮助组织有效保护和合规处理所收集的个人信息，为企业满足欧洲通用数据保护条例（GDPR）合规需求提供有力保障，而GDPR被业界公认为史上最严格的隐私保护条例。

当前，中兴通讯正聚焦核心场景，构建端到端、闭环型、流程化的隐私保护合规体系，将隐私保护理念融入产品研发过程，作为核心竞争力的重要内涵。

中兴通讯2020年度可持续发展报告：与全球共享数字经济红利 为社会创造可持续价值

近日，中兴通讯发布2020年度可持续发展报告，报告全面展现了2020年中兴通讯围绕“数字经济筑路者”的战略定位，积极履行企业社会责任，全力助力科技抗疫、推动数字经济发展、深耕绿色理念、贡献全球社区以及不断提升企业治理水平的履责实践及未来计划。自2009年起，中兴通讯已连续十三年每年主动向社会发布可持续发展报告。

中兴通讯携手合作伙伴斩获首届高新视频大赛多项大奖

6月，在第二十八届中国国际广播电视信息网络展览会上，由国家广播电视总局举办的首届高新视频大赛颁奖仪式隆重举行。该项赛事旨在积极引导高新视频技术落地应用推广，加速形成高新视频创新链产业链。“二青会5G+视频整体解决方案”和“基于大空间多人互动云渲染技术的晋祠文化体验项目”分别斩获互动视频赛道一等奖和虚拟现实视频赛道二等奖。

中兴通讯NodeEngine获评人民邮电2021“5G行业网创新技术”示范案例

近日，《人民邮电》2021年度5·17典型示范案例评选结果揭晓，中兴通讯“一站式智简5G行业网NodeEngine解决方案”被评为“5G行业网创新技术”典型示范案例。

中兴通讯NodeEngine解决方案基于5G公网架构，可实现数据不出园区，“空口一跳直达”。

中兴通讯荣获联合国WSIS 2021冠军奖

2021年5月，联合国信息社会世界峰会WSIS（World Summit on the Information Society）颁布2021年评奖结果，中兴通讯荣获WSIS ICT安全领域冠军奖（Champion），是信息安全领域唯一获此殊荣的中国企业。

获奖方案名为高级持久性威胁攻击检测和预防（Advanced Persistent Threat（APT）Attack Detection and Prevention），系统在硬件仿真框架基础上建立核心检测引擎，基于软件动态执行异常的攻击检测技术进行指令级分析，发现利用未知漏洞的攻击，有效提升APT攻击发现、分析和处置能力，保护企业网络及IDC数据中心网络的整体安全。

中兴通讯将继续致力于网络和信息安全研究，与业界共享先进安全技术应用实践，提供更好的APT攻击防护技术，为信息社会构建起信任和安全的ICT基础设施。

中兴通讯5G网络设备通过NESAS产品安全评估

继2020年6月成功通过网络设备安全保障计划NESAS（Network Equipment Security Assurance Scheme）“供应商开发和产品生命周期流程的安全评估”后，2021年3月，中兴通讯5G NR gNodeB和7个5GC网络设备成功通过NESAS网络设备产品安全评估，在5G测试设备种类中实现了最佳覆盖。

该评估工作由GSMA认可的NESAS安全测试实验室SGS Brightsight执行，采用3GPP安全保障规范SCAS（SeCurity Assurance Specifications）中规定的安全要求和测试用例。中兴通讯成功通过所有适用的SCAS测试用例，满足安全保障规范要求。至此，中兴通讯5G产品已正式完成全部NESAS安全评估，该结果客观地呈现了中兴通讯5G产品的高安全水准。

中兴通讯GoldenDB首批通过北京国家金融科技认证中心分布式数据库标准验证

5月27—28日，2021第四届中国金融科技发展大会在重庆成功举办，作为本次大会重点议题之一，北京国家金融科技认证中心正式对外公布“分布式数据库第一批标准符合性验证结果暨金融应用评价模型”。中兴通讯GoldenDB分布式数据库（简称GoldenDB）基于金融行业的丰富实践和领先技术优势，以优异的成绩首批通过分布式数据库标准符合性验证。

格力电器（郑州）、河南联通、中兴通讯签署5G战略合作协议

6月，格力电器（郑州）有限公司、中国联合网络通信有限公司河南省分公司、中兴通讯股份有限公司签署5G战略合作协议。三方将共同致力5G工业互联网、云化AGV、机器视觉等创新应用场景在工业制造业行业的落地，加速5G+工业互联网深度融合，助力郑州格力数字化转型升级。

中兴通讯i5GC获“5G云原生极简专网行业应用领先”奖

近日，2021年《人民邮电》5·17典型示范案例征集结果正式揭晓，中兴通讯面向5G行业应用的轻量化i5GC核心网（Industry 5G Core）获得“5G云原生极简专网行业应用领先”奖。

中兴通讯i5GC采用通用服务器，实现了软硬件一体化，即插即用的一站式部署模式，以极小空间、极低能耗、极简运维，为非专业的行业用户提供5G专网的就近快速部署。

中兴通讯5G产品高分完成软件安全构建成熟度评估

5月，信息安全和软件质量的全球领导者新思科技（Synopsys）宣布中兴通讯5G系列产品以高分完成软件安全构建成熟度（BSIMM）评估，其在12项最佳实践模块中有10项成绩亮眼，远超业界平均得分，标志着中兴通讯软件安全能力达到国际领先水平。

中兴通讯的5G RAN（BBU、AAU/RRU和统一管理专家UME）和5GC（核心网、5G编排管理、5G云）等产品参与了本次评估。与所有BSIMM11参与者的平均分相比较，中兴通讯在安全特性与设计、标准与需求、架构分析、代码审计、安全测试、软件环境和漏洞管理等方面均取得高于平均水平的结果。

5G赋能工业智造 泰国AIS、素科大、中兴通讯合作打造5G智能工厂

2021年5月21日，泰国移动运营商Advanced Info Service（以下简称“AIS”）联合素罗娜丽科技大学和中兴通讯共同打造泰国5G智能示范工厂，依托5G整体解决方案，将普通工厂改造成融合5G云化AGV自动导航车，5G AR远程指导，实时VR监控以及机械臂等技术为一体的智能工厂，赋能5G+工业应用创新。

AIS Business首席企业业务官（CEBO）Tanapong Ittisakulchai表示：“2020年2月，AIS率先宣布推出5G服务，AIS在低频、中频、高频段中拥有丰富的频谱资源。在2020年和2021年，AIS投资预算总额超过350亿泰铢，覆盖东部经济走廊（EEC）以及全国重点公共卫生场所，支持抗击新冠肺炎疫情。这次与素罗娜丽科技大学教育部门、中兴通讯共同开发解决方案，更好满足工业的需求，旨在基于工业领域5G整体解决方案，建立一家智能工厂样板。我们在2.6GHz上部署独立组网（SA）AIS 5G数字基础设施，该中段频谱性能出色，能够降低网络延迟，完全支持物联网（IoT）领域应用，非常适合智能工厂案例。”

中兴通讯副总裁凌志表示，“作为全球领先的综合通信解决方案提供商，中兴通讯愿意在泰国扩展5G智能制造。我们携手AIS和素罗娜丽科技大学，为工业客户提供创新的解决方案，旨在通过5G技术更好地为制造业提供服务，为企业提供灵活、智能的端到端解决方案。”

珠海移动携手中兴通讯，打造情景化360°自由视点直播

5·17世界电信日期间，中国移动通信集团珠海有限公司与中兴通讯在5G+大视频产品发布会上，联合打造的情景化360°自由视点直播，时延达到了业内领先的0.27秒，成为现场关注的焦点。

中兴通讯电信云平台TECS获GlobalData “Leader”评级

近日，中兴通讯的NFVI TECS（电信弹性云系统）在咨询公司GlobalData最新发布的NFVI竞争态势评估报告中获得了领导者排名。该报告针对NFVI方案架构、电信级功能、管理、市场动力、性能及专业服务六个维度进行了评估，中兴通讯TECS在方案架构、电信级功能、市场动力、性能四个维度持续领先的同时，在专业服务和管理能力两个维度也获得领导者评级，从而六个维度均获全满分的Leader评级，位列第一。

中兴通讯5G消息平台获2021年“CCBN产品创新杰出奖”

5月27日，在第二十八届中国国际广播电视信息网络展览会（CCBN2021）年度创新奖颁奖典礼上，“中兴通讯5G消息平台（5GMC）”荣获“CCBN产品创新杰出奖”。中兴通讯是全球5G消息平台的引领设备商，率先实现5G消息试商用，建设全球容量最大的5G消息商用网络，可支持4亿+用户规模容量，承载全国55%以上5G消息注册用户。

中兴通讯联合巴基斯坦运营商在世界屋脊架起信息“天路”

近日，中兴通讯携手巴基斯坦本地运营商在位于中巴边界的世界第二高峰乔戈里峰大本营建设了巴基斯坦最高的通信基站，在世界屋脊架起信息的“天路”，为登山爱好者构筑了坚强的生命通信网。

乔戈里峰是仅次于珠穆朗玛峰的世界第二高峰，海拔8611米。从巴基斯坦北部山区村庄徒步到乔戈里峰大本营，约200公里，途中山势险峻，环境恶劣，其攀爬难度和危险系数相比珠峰更高也更具挑战，是登山爱好者最希望征服的山峰之一。为填补乔戈里峰登山沿线的信号空缺，中兴通讯协助当地运营商赶在2021年登山旺季到来之前，成功在海拔5100米的乔戈里峰大本营完成了基站的建设和开通，实现全天候不间断地为该地区用户提供稳定的网络服务，为攀登顶峰的登山者提供稳定、高速的通信体验。

四川电信率先完成SSB 1+X智能优化AAPC方案商用验证

近日，四川电信与中兴通讯联合完成全国首个基于AAPC的SSB 1+X权值智能优化方案商用验证，该方案能够显著改善高层楼宇的覆盖性能、提升高层用户的网络体验，并且大大提升5G网络的部署和优化效率。

本次在西南交通大学完成的验证在兼顾校园水平覆盖的同时，聚焦高层教学楼的立体覆盖性能。验证表明，采用AAPC配合1+X方案部署后，能够完全取代人工RF分析，优化效率提升10倍以上，并且网络性能得到了进一步提升。校园5G基础覆盖性能和关键指标均保持平稳，中高层楼宇覆盖性能提升明显：5G驻留比提升10%以上，综合覆盖率提升30%，网络流量增幅50%，进一步释放了5G网络潜力。

中兴通讯支持运营商抢通云南、青海震区通信网络

近日，云南大理州漾濞县和青海省果洛藏族自治州玛多县先后发生强震和多次余震。灾情发生后，中兴通讯第一时间启动通信应急保障预案，组建专家团队驰援一线，并协同中国移动、中国电信、中国联通三大运营商开展抗震救灾工作，提供技术和物资支援，力保网络7x24小时畅通无阻。截至目前，中兴通讯已支持云南、青海震区各运营商保障网络全面恢复正常，并保持平稳运行。

成都电信携手中兴通讯商用PowerPilot智能节能方案

近日，成都电信携手中兴通讯正式大规模商用PowerPilot智能节能方案，成为国内大规模商用数字室分智能节能首局，成都市主城区（绕城高速以内）全部4G宏站和数字室分将接入中兴PowerPilot智能节能平台，预计每年可节省电费365万元。在此之前，该方案已在成都电信试商用1年多，总体节能效果宏站RRU平均在10%以上、数字室分PRRU平均在8%以上，期间网络指标保持稳定。

三一重工、北京移动、中兴通讯发布业界首个CUBE 3×3行业云网一体解决方案

5月18日，三一重工、北京移动和中兴通讯联合发布业界首个CUBE 3×3行业云网一体解决方案。方案以中国移动专网模式为指导，通过构建新型云网，业界首次实现云、网、业、维一体化部署，精准匹配工业园区业务场景，按需加载数字采集、机器视觉、数字孪生、云化AGV以及融合定位等行业创新应用，推动5G+工业互联网应用的融合创新。

“固定和移动数据使用量和语音业务量在疫情期间增长了约50%，社会需要出台相关的政策，在全国范围内加快数字转型和发展数字技能和能力。

WindTre首席执行官

Jeffrey Hedberg

WindTre：5G加速意大利数字化转型

采编 Alessio De Sio

WindTre首席执行官Jeffrey Hedberg谈到了在后疫情时代加快光纤、5G、FWA部署，推动数字化转型，以及发展数字技能的必要性。作为一名业内资深人士，他还与我们分享了他的工作经验。

您如何评价后疫情时代意大利电信业的现状？意大利是否能重启？

新冠疫情紧急状态清楚地表明，意大利有必要建立一个能够连接个人、学校、医院、企业和其他机构的基础设施。固定和移动数据使用量和语音业务量在疫情期间增长了约50%，社会需要出台相关的政策，在全国范围内加快数字转型和发展数字技能和能力。

具体到电信公司，多亏了我们的团队，我们有效应对了对高质量语音和数据服务激增的需求。5年间我们投资了60亿欧元，对我们的网络、系统和其他关键的客户接触点进行现代化改造，这使得我们能够为客户和意大利人民提供他们所需的服务。

您认为网络基础设施的哪些方面需要进一步发展？

目前，光纤、5G和固定无线接入（FWA）的交织影响（cross fertilization）仍是能真正改变规则和驱动经济发展的力量，这些技术相互依存，共同为意大利提供在连接方面的可持续竞争优势。具体到5G，基于我们的动态频谱共享能力，WindTre的5G网络覆盖了超过91%的人口，我们还为B2B垂直市场提供高级服务，包括医疗、安全、能源、教育及智慧园区解决方案。5G标准更高效，可以支持企业、机构、家庭和个人日益增长的连接需求。5G不仅对电信公司，对整个经济都是一个重要的增长机会。

5G时代需要哪些新技能？

对频谱、网络和系统的投资对于成功实现数字转型和创新总是非常重要的，然而发展所需的技能组合（如程序员、应用开发人员）和能力（如吸引资金、引领变革）是竞争力和可持续优势的最具决定性意义的来源。在这些领域，意大利必须有明确而雄心勃勃的计划，而根据最新的数字经济和社会指数（DESI）报告，我们还有改进的空间。我相信，通过协调政府、教育机构和行

业的资源，意大利可以迅速缩小差距，因为我们拥有具有丰富的创造力和天赋的人才。

数字化转型将在多大程度上支撑产业竞争力？

如上所述，意大利在一些确定的领域需要提升竞争力，但在几个重要的方面也有优势，例如制造业，意大利是欧洲第二大国，也是世界上领先的国家之一。为了加强经济并继续在制造业和其他领域保持全球竞争力，需要在机构、行业和教育部门之间建立一系列强有力的PPP关系（Public Private Partnerships），并建立高效的决策流程，设立清晰、可量化的KPI指标。通过持续对基础设施和技能进行总体性投资，我们将能够抓住数字化转型的机遇，同时使意大利从中获益。

中兴通讯为打造WindTre新的优质网络做出了什么样的贡献？

除了提供世界级的技术、服务和支持外，中兴通讯团队在倾听客户意见和向客户学习方面一直令人印象深刻。多年来，他们表现出持续不断地应对外部和内部快速变化的能力，是真正的合作伙伴。归功于这种团队合作，中兴通讯为WINDTRE新网络基础设施的建设做出了重大贡献。该网络被知名独立机构评为质量最佳的网络，目前通过5G服务覆盖了超过91%的意大利人口。

对于一个刚刚踏入职场的年轻人，您会给他什么建议呢？

我曾在美国、欧洲、非洲和亚洲各地生活和工作，我倾听、学习、投入工作，我发现，如果你能吸引、激励和调动合适的人和合适的合作伙伴，你就会取得成功。

永远不要害怕拥抱变化，永远保持学习，尤其是在这个快速转型的时代。

除了会议室，还要在一线现场露面，（无论是在好的时候还是在坏的时候）保持清晰和透明，要有团队意识。

最后，引用托马斯·杰斐逊的名言，“我非常相信运气，而且我发现我越是努力工作，运气就越能找上门。”

以数据为中心，构建确定性、服务化和内生安全的新网络

陶文强
中兴通讯IP产品规划总工程师

本文提出了以数据为核心的建网思路，并分析了以数据为核心的网络模型。以该网络模型为依据，系统分析数据如何以安全、确定性传输，同时通过网络服务化的手段，做到网络和应用之间的“轻量级”交互，实现网络作为一种服务进行发放，极大提升云网一体化能力。

伴随着新一代信息技术的不断发展与广泛应用，数字化、网络化、智能化已成为经济社会转型升级的重要方向。人工智能（AI）、区块链、云计算、物联网等新一代信息技术的发展与应用都要依赖于数据，数据成为生产要素，是数字经济的基础。有观点将数字化时代的数据比喻为工业化时代的石油。与石油不同的是，数据是无形且无限的，每一分钟都在产生大量的数据。如何利用好数据，使之产生价值，成为数字经济时代制胜的关键。

数据驱动发展并不意味着数据会自动转化为生产力。数据价值的发挥离不开相应的数据基础设施，包括数据采集、传输、存储、计算等各环节的相应设施。需要建设新网络、新设施、新平台、新终端等新型基础设施：依托智能终端的泛在部署，构建数据采集的神经元系统；依托5G等新网络的全面覆盖，构建数据的高效传输网络；依托互联网数据中心和超算中心等算力设施，提升数据计算能力；依托人工智能平台、工业互联网平台、物联网平台等平台的开发应用，构建数据智能分析中枢。

从数据驱动的本质来看，数据中心承载的是算力，将数据转化为智能；而网络，则是将算力输送到用户，将数据转化为价值的关键基础设施。本文提出以数据（而不是数据中心）为中心来规划、建设网络。以数据为中心，网络的本质是安全地进行数据算力输送，本文提出以数据为

中心的网络模型，并分析了以数据为中心的网络关键技术和实现思路。

以数据为中心的网络：架构和愿景

以数据为中心的新网络架构整体思路如图1所示。

以数据为中心的网络架构，先从接入网谈起。传统组网分场景进行接入，如果以数据为中心观点来看，按数据使用者来归纳，按数据使用的不同要求，实现极简的统一接入，同时能保障数据使用者对网络的不同要求，并由云网融合演进到算网一体（见图2）。

- 消费数据：对应数以百亿级的数字终端，特点是广覆盖，多种接入方式，包括固定接入、半移动接入和移动接入，网络包括固网、Wi-Fi、5G等；客户注重体验，期望不同接入方式能获得相同的体验，网络规划要重点考虑。
- 共享数据：对应的是千万的企事业单位，核心数据是生产数据，核心诉求是极高的安全性和可靠性；通过网络的硬切片保障安全隔离和时延、抖动的确定性保障。
- 加工数据：对应的是亿万数据工作者，包括数字化经济的研发人员，核心诉求是敏捷入云，而且是面对多云场景，能做到开机即入云，并接入到多云场景；满足入云高安全性要求，基于零信任原则，对用户账号、接入终端，以及访问的应用做到安全授权控制。

从网络演进的愿景来看，以数据为中心，本质是要确定性保障，并且安全地输送数据算力。

横向上，遵循服务化网络赋能的端到端原则。即，端到端的互联网协议架构仍然保留，业务的处理仍然以两端为主。网络在提升核心能力的基础上（比如确定性传输能力、内生安全能力、算力调度能力），以多层次、多粒度的方式开放这些能力，由业务层进行调用。

纵向上，采用智能控制面支撑的瘦腰模型。即，保持互联网协议栈的“瘦腰架构”，IP层尽量稳定，尽量利用现有IP字段结构扩展新功能。网络的功能扩展（主要指运营商数据网）主要在相对集中的控制面进行，有效利用人工智能、大

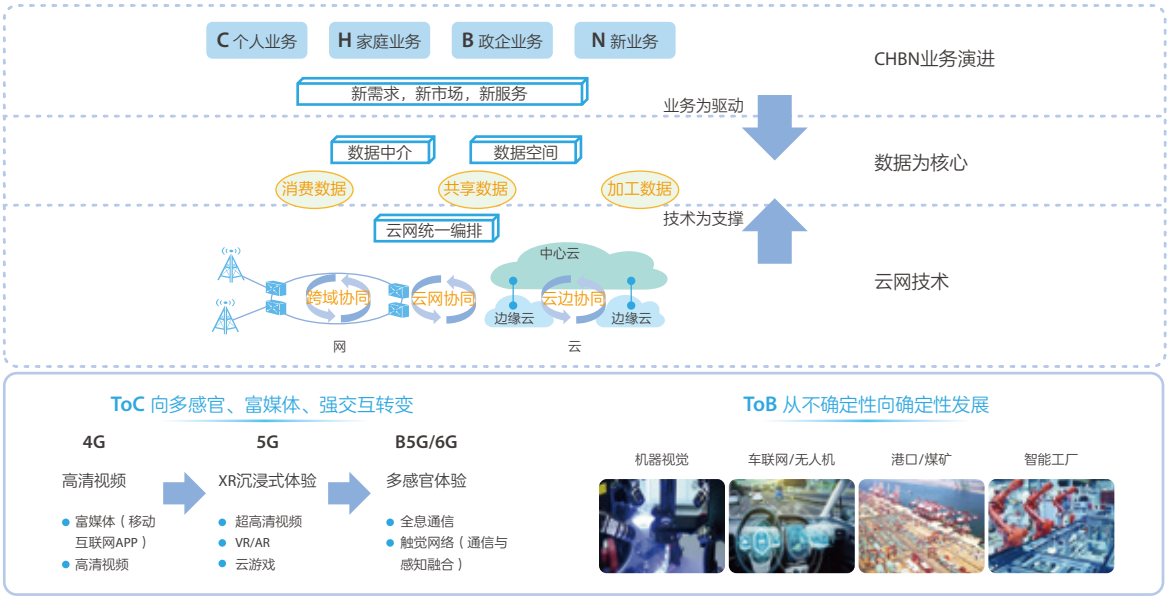
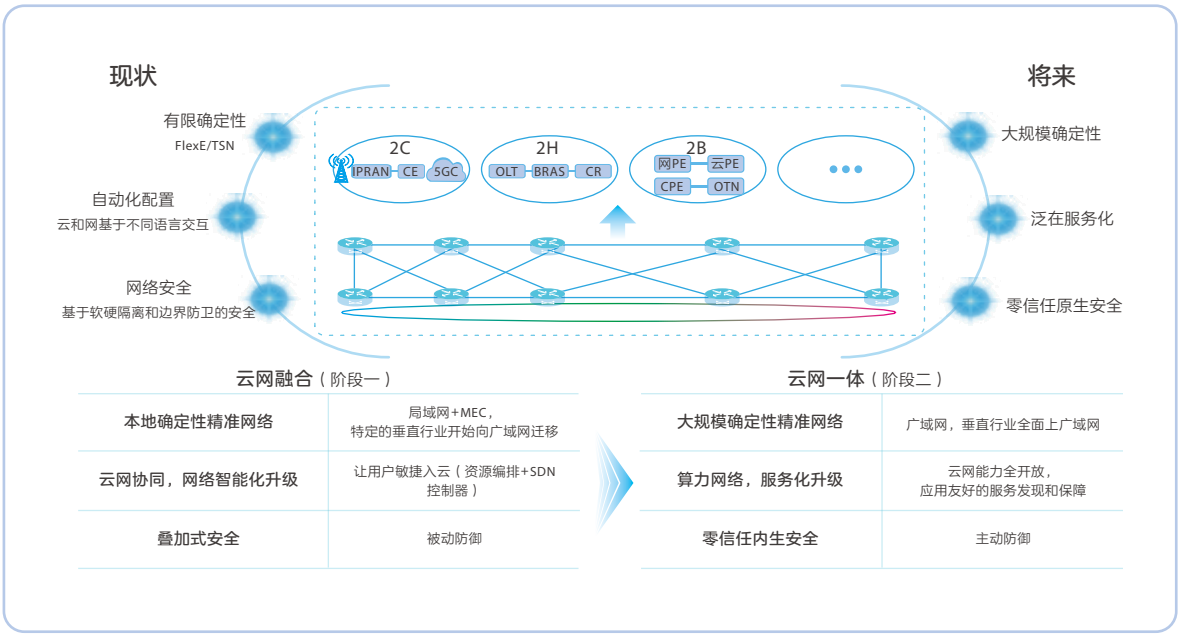


图1 以数据为中心的新网络架构



◀ 图2 由云网融合演进到算网一体

数据等IT新技术。

以数据为中心，确定、安全地传送算力需要具备大规模确定性、泛在服务化和零信任内生安全三个关键特征。

关键特征之大规模确定性

大规模确定性是指在设备数量巨大的IP网络上支持高达百万级的数据流（如海量的工业级控制、传感器），并且具备确定性业务保障能力，时延和抖动能严格有界地保证业务需求。基于1.5层灵活硬管道技术，当前网络已经可以提供“Scene级别”的确定性，即保障特定场景和局域网的确定性，如工业园区、金融专网和城内继电保护等。中兴通讯通过FlexE+TSN首次实现了业务的刚性隔离，解决管道内流量抢占和时延补偿难题。

但当前基于1.5层灵活硬管道的技术受到连接数量的限制，而未来千行百业数字化和MEC的广泛部署将形成海量的连接，要保障“Sensor级别”的确定性，对于工业互联网而言，还需要跨广域网保障端到端的确定性。中兴通讯提出的大规模确定性IP网络基于Native IP，天然地具备更好的适应性，无需复杂的时钟同步；在此基础上，引入周期调度机制，调度周期以及浮动周期之间的映射关系可以通过芯片自学习获得，避免了复杂的人工配置；芯片内置的周期调度算法经过了实验室验证：在确定性IP网络模式下，以5μs的周期为例，抖动始终小于10μs且与网络规模无关；而在普通IP模式下，最差抖动随突发显著恶化，是确定性IP网络模式下的300倍。

中兴通讯将在5nm的新一代芯片中实现周期转发和精准调度。在路由器的每跳IP转发上控制转发时机来消除IP转发的微突发和长尾效应，通过这种大规模确定性技术可以实现端到端的时延、抖动有界保证，并且具备大规模部署的能力。此外，中兴通讯在大规模确定性关键技术时间门限算法上进行技术攻关，在实验室验证下，最差的情况下，端到端抖动控制在20μs以内，并且与网络规模无关，无论网络规模多大，都能保证端到端的抖动。在新一代转发芯片的设计上，中兴通讯已经成功将时间门限算法内置到芯片中，不久的将来，采用该芯片的数据设备都能非常好地支持大规模确定性，是对应算力网络、工

业互联网的一项非常有竞争力的技术。

关键特征之内生安全

网络协议本身和网络基础设施的安全性存在差距。BGP、DNS等协议的安全性严重依赖于资源公钥基础设施（RPKI）等中心化基础设施，存在单点故障、不可信节点等安全性问题，虽然应用层加密可以提供端到端的机密性和完整性保护，但是IP本身缺乏可信的自验证机制，作为安全锚的密钥交换过程存在欺骗威胁的可能性。互联网设计初期的原则是对应用数据完全透明，这是互联网成功的关键要素，但是透明设计也带来了更多的安全攻击。未来的互联网需要让相互信任的用户透明连接，相互不信任的用户之间高度受限，这就需要网络具备内生安全的能力。在数字化转型的大背景下，原本清晰的网络边界概念因为云计算的普及和其他新技术的广泛部署而日渐模糊，边缘计算产生大量的端侧数据，容易被篡改和窃取。正是因为传统边界的消失，传统的叠加式安全防护逻辑也转变为更加贴近受保护的业务实体本身。

中兴通讯面向未来网络的安全需求，致力于构建原生的安全可信机制，利用区块链、密码学等技术对未来网络架构进行重新设计，提供从基础设施到应用层的端到端服务，自底而上构建一整套安全可信的网络架构；从基因上赋予网络牢固的安全可信属性和能力，为未来网络协议体系和网络服务提供更为坚实的安全可信基础，从根本上解决互联网面临的安全可信问题，由叠加安全走向全面的零信任安全（见图3）。

中兴通讯网络内生安全技术整体思路为：横向，通信源端和目标端安全处理，驻留于端侧（包括终端或边缘节点）上的智能插件完成网络可信通信发起和终结，中间其余节点透明转发；纵向，智能控制面基于大数据、AI等技术，提供实时威胁检测与智能研判、大规模网络安全态势指标评估与预测技术，实现网络行为的监测与风险防范；数据面将网络可信通信内置到统一网络层协议。

基于零信任的原则，默认网络中所有设备、应用均不可信，身份和位置信息分离，需要通过身份管理控制器和应用管理控制器进行认证，方可获得安全访问权限；同时，身份管理平台、应用管理平台和位置管理平台通过分布式信息交互同步授信列表信息，并负责密钥分发。此外，我们还基于区块链技术设计可信任的路由控制协议，实现支持可信网络标识、可信任路由协议和可信认证与转发机制的高性能路由器。

关键特征之泛在服务化

未来网络云网融合是必然趋势，网随云动是必然要求。虽然目前在网络侧已经实现了自动化

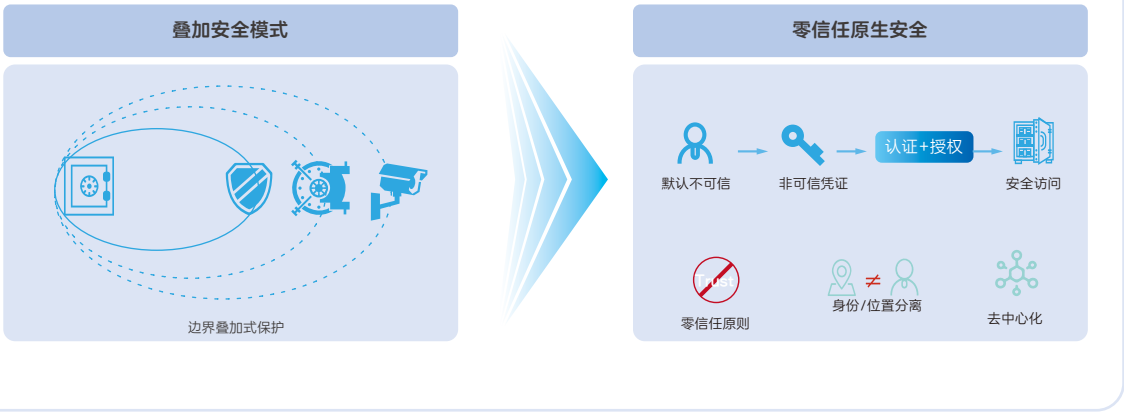
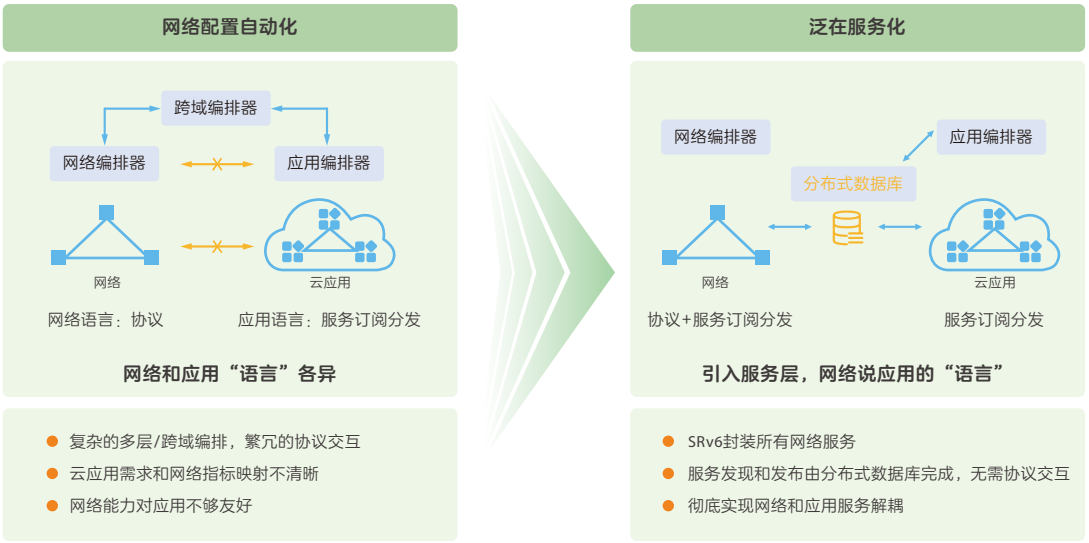


图3 由叠加安全走向零信任安全

中兴通讯提出服务化网络模型，在基础网络和应用之间新增服务层，构建松耦合、高扩展、易维护的泛在服务化网络。泛在服务化网络将网络能力，如VPN、TE、业务链、安全等，封装成服务，通过分布式数据库主动推送给应用，“轻量级”的网络服务直接与应用进行对话。



◀ 图4 网络泛在服务化实现业网分离解耦

配置，简化了网络运维，但仍然没有解决根本的问题：传统的网络和应用对等模型中，网络讲网络的“语言”，应用讲应用的“语言”，语言互异的网络和应用之间需要通过繁杂的协议和跨域跨层的编排来实现交互，导致网络缺乏足够的敏捷性来满足极大丰富的行业应用需求。

中兴通讯提出服务化网络模型，在基础网络和应用之间新增服务层，构建松耦合、高扩展、易维护的泛在服务化网络。泛在服务化网络将网络能力，如VPN、TE、业务链、安全等，封装成服务，通过分布式数据库主动推送给应用，“轻量级”的网络服务直接与应用进行对话。对应用来说，只需要专注自身的需求，而不关心具体的实现，不再需要支持复杂的协议与网络交互。泛在服务化网络去掉了网络和应用之间复杂的协议交互以及跨域跨层编排，通过SRv6封装所有的网络服务；网络服务的发现、发布、更新均由分布式数据库完成，彻底实现网络和应用解耦，提供最开放的云网一体化能力以及最广泛的接入能力（见图4）。

本文提出了以数据为核心的建网思路，并分析了以数据为核心的网络模型。以该网络模型为依据，系统分析数据如何以安全、确定性传输，同时通过网络服务化的手段，做到网络和应用之间的“轻量级”交互，实现网络作为一种服务进行发放，极大提升云网一体化能力。ZTE中兴

5G新IP：新架构，新技术，新服务

朱海东
中兴通讯IP产品规划总工

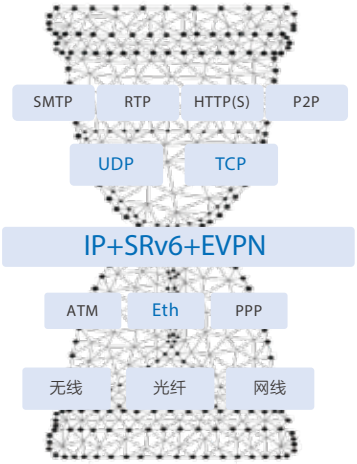
随着行业应用不断拓展、产业协同加速推进，5G正在改变着人们的生产生活。2021年“两会”，工信部表示“十四五”期间将建成系统完备的5G网络，将加速融合，通过互联网产生更多创新内容；通过5G+工业互联网，工业互联网+实际的应用场景，呈现更多更好的应用，为经济发展提供更多的载体、平台和融合的空间。

为应对日益丰富的新业务新场景对基础网络能力提升的需求，IP网络自身也在不断突破创新，增强服务化能力。

IP技术体系和网络架构升级

诞生于上个世纪70年代的IP技术体系与通信系统共生发展，持续演进。双方共同走过2G/NGN业务IP化时代，在语音、符号向图片、视频发展的3G/4G时代，IP网络提供了资源管理能力、差异化业务支持能力、性能优化能力和构建大规模网络的扩展能力。5G时代到来，IP网络技术将与SDN/AI技术结合，满足当下业务上云、网络云化、万物互联的新需要。

近年来，SDN技术在IP技术领域最重要的贡献之一是通过Segment Routing v6（SRv6）/Ethernet VPN（EVPN）实现对传统TCP/IP沙漏模型腰部L3层的增强，如图1所示。通过将网络L3能力分拆为Underlay（L3）和Overlay（L3.5）实现了业网分离，提供更灵活的网络能力，从而可以更好地为上层应用逻辑所调用。与上一代MPLS技术所构造的L2.5相比，SRv6/EVPN还引入网络可编程

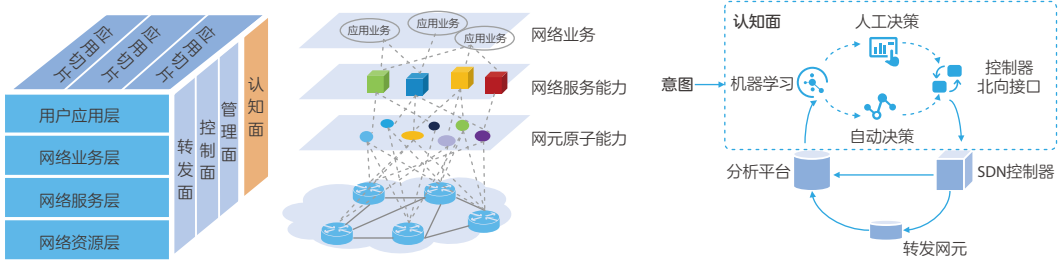


▲ 图1 新沙漏模型

能力，转发面数据报文头的信息不仅用作路由寻址或QoS标识，还具有了表征业务类型、业务等级、租户特征等涵义。

在网络架构方面，随着SDN集中式控制在数据中心和骨干网的成功实践，以及人工智能AI技术的快速发展，网络逻辑架构模型传统的分层分面模型也在演进，如图2所示。

一方面，传统的网络层进一步细分为资源层、服务层和业务层三个层次，分别提供网元原子功能能力、元服务能力和业务能力。上层能力由下层能力调用组合而成。网元的原子能力构成基础颗粒，不同类型和规格的网元元能力不同，整网范围内元能力是有限的。一组原子能力组合构成面向特定服务能力资源集合，是对网络中多样化业务的公共特性和要求进行聚类和抽象。通过全网内节点相互协作、节点内部资源灵活组合



◀ 图2 网络架构模型升级和服务闭环

实现面向业务的服务化体系。

另一方面，在转发面、控制面和管理面的基础上，增加了一个新的平面：认知面（Knowledge Plane）。认知面收集和维护网络全网的能力和状态等信息，具有感知网络资源和业务状态的“上帝视角”，并根据网络规划和设计的原始意图对资源进行分配。与传统的控制面和管理面相比，认知面更加关注全网资源的协调和优化配置，而不是单个网元的配置和管理。在SDN架构下，认知面渗透在全部转发网元和SDN网络控制器之中，对网络和业务状态的采集除了使用传统的拓扑发现、配置收集、流采样等，通过Inband OAM（IOAM）和Telemetry等新技术采集更小时间颗粒和更细业务颗粒的信息，从而具备了资源实时状态分析能力。

在网元原子化的基础上，通过认知面对整网资源的协同配置实现了网络服务能力的发布闭环。

跨域部署：多域网络一跳开通

基于SRv6/EVPN的新网络在跨域业务underlay（L3）和overlay（L3.5）部署方面提供多种灵活的选择。

业务的端点在用户终端和云里的服务器上，中间需要穿过城域网、骨干网和云内网络多个网络域和管理域。传统网络常采用背靠背的Option A方式完成域间的跨接，配置管理复杂，影响业务的扩展性。基于SRv6原生的IPv6地址（路由）全局可达能力和EVPN基于网络层可达能力的用户路由交互能力，不管是否在一个路由域中，只要远端网元路由可达，即可建立overlay的邻居关系，实现VPN实例的建立。在underlay层面，除了尽力而为的SRv6 BE（Best Effort）传送提供最基本的连接能力外，SRv6 Policy的流量工程能力可以具有不同“网络意图”的业务提供差异化的传送路径。将网络的连接能力与时延保障、带宽保障、可靠性保障等多种能力灵活组合，并通过Policy的Binding SID机制将这些新服务能力发布给城域网和数据中心/云，在保障骨干网稳定性的同时，解决了大规模网络的扩展性问题。如图3所示，运营商可以根据自身网络和业务特点，灵活设计跨域业务部署方案。

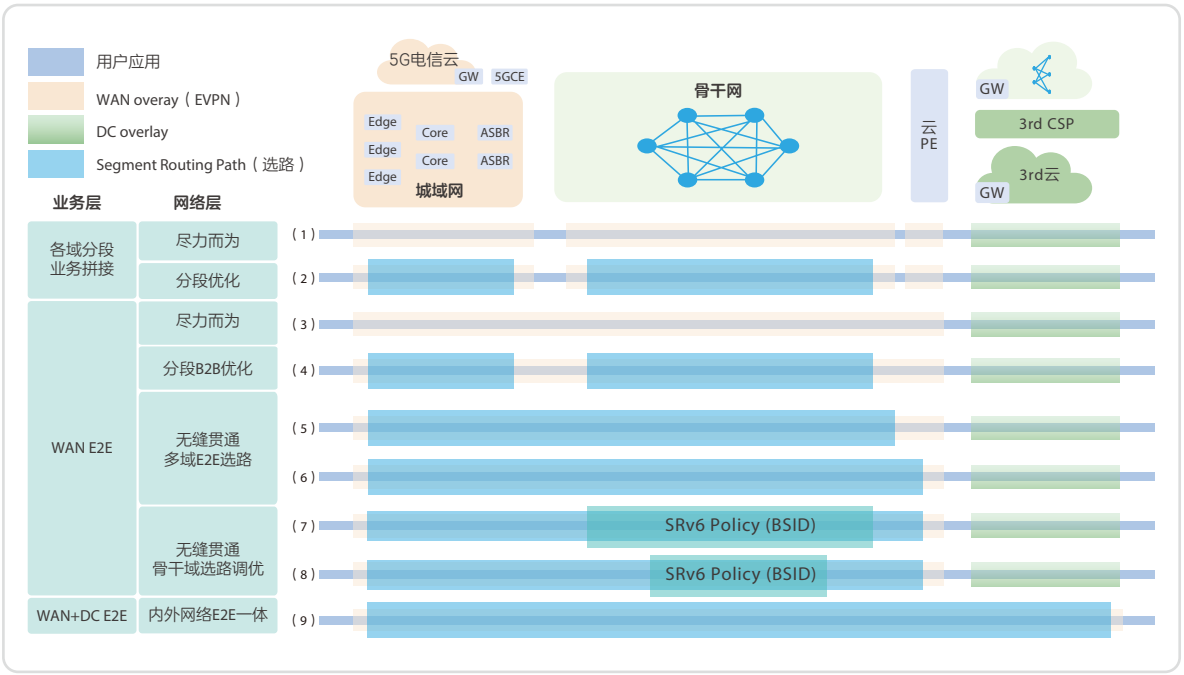
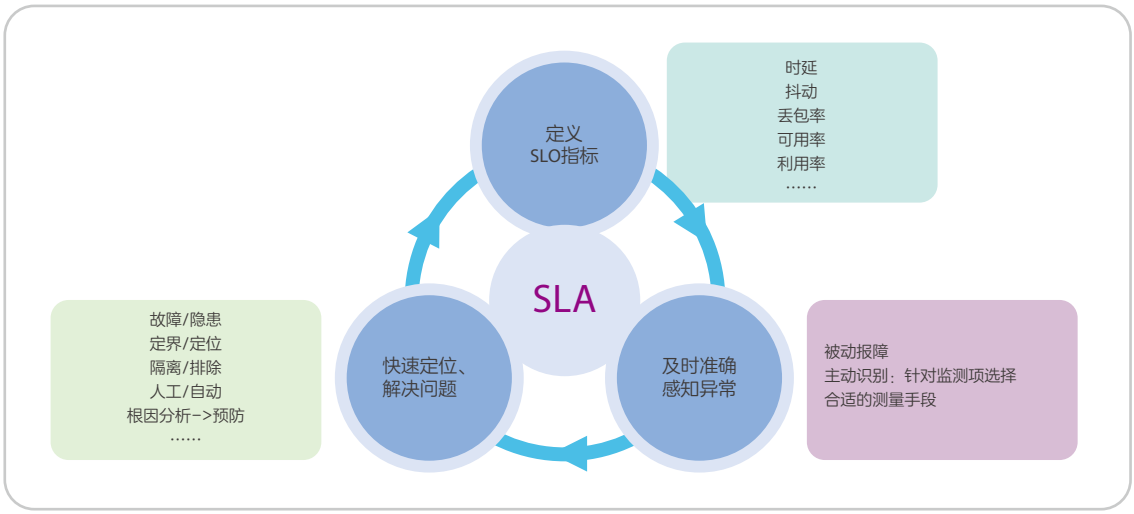


图3 多域网络的端到端业务部署方案



◀ 图4 保障用户体验的闭环过程

差异化业务体验

5G新IP，面向新时代的各种业务应用，对客户的不同需求，基于差异化的价格策略提供个性化服务和分配恰当的网络资源。前者可以提升客户满意度，保持用户黏性；后者则要在实现前者目标的同时，对外将不同类型和等级的差异感受精确反映给客户，真正让“性价比”成为客户选择服务的依据，对内则为服务分配“恰到好处”的资源，降低成本。

网络用户所能感知的差异化既表现在传统的基于服务合同的上下行带宽、网络时延和抖动等固化指标，还可随时随地按需动态调整这些参数。对于那些时延敏感业务，采用低时延算路的SRv6 Policy路径，能够基于物理网络实时变化，为业务找到端到端时延最小的路径。对要求高可靠性的业务，则通过多径分担、主备路径、资源优先抢占、IP层和光层多层协同联动等方式，增强业务路径的健壮性。对传输路径有要求的业务，则可以通过指定严格显示路径的方式精确控制数据包沿途的各个节点。

在一张物理网络上向用户提供这些可感知的差异化能力，准确实现用户意图，依靠的是SDN编排和控制器对原子能力资源化的管理，和AI加持的资源分配和优化调度能力。

服务状态定量可视，打造体验型网络

在用户看来越是简单智能的东西，背后所涉及的技术越是复杂，对技术人员的要求也越高。利用IOAM和Telemetry技术，网络维护人员综合使用各种被动测量和主动测量工具，可以得到网络级和业务级更细粒度、更高精度的性能数据，对服务等级目标（SLO）达成程度进行实时的评估，结合SRv6 Policy天然包含数据包途经路径的信息，及时准确地感知异常，快速定位故障，解决网络问题（见图4）。

网络性能的实时定量指标还构成了网络认知面的元数据，为网络资源优化提供了原始输入，打下了网络资源优化自动化闭环的基础。精确感知业务状态和精准的分配网络资源，为用户提供优质服务，只有供需双方达到最佳匹配，才能达成共生双赢。

5G时代，云网生态的主要矛盾从较低层级供需矛盾向中高层级供需矛盾转变，从“数量短缺型”供需矛盾向“优质不足型”的供需矛盾转变。充分发挥运营商网的综合资源优势，实现网随云动，精准区分客户特征，精准调配网络资源，才能发挥管道中每比特的最佳效益，构建精品IP网络。ZTE中兴

运营商云骨干网架构及新技术探讨

朱小龙
中兴通讯承载网IPN产品规划总工

随着互联网、云计算、大数据、人工智能等技术的快速发展和创新应用，各行各业迎来数字化转型的浪潮，全社会进入数字化转型时代。数据成为水、电一样满足企业和个人生产生活需求的核心要素，承载、传输数据的云网基础设施成为支撑全社会转型升级的基石。

电信运营商IP骨干网作为云网基础设施的核心部分，需要面向云网业务发展新需求，构建新型网络架构、引入新技术，助力全行业数字化转型。

云网业务新需求

云作为数据载体，逐渐向中心云、区域云、边缘云多级部署架构演进，满足数字化转型在算力、存储、可靠性、安全性、性能等方面的差异化应用需求。网络作为数据流通的“动脉”则需要在各级云、站点、终端之间提供差异化、敏捷化、智慧化的联接服务。

电信运营商IP骨干网需要满足云网业务需求：

- 多云多网互联：不同的企业可能根据各自情况选择使用运营商自营公有云、第三方公有云、企业私有云等多云混合云，并通过OLT、IP RAN、OTN等多种接入形式，IP骨干网需要具备多云多网任意互联能力；
- 差异化承载：IP骨干网需要具备提供差异化承载服务能力，满足不同客户在SLA、价格等方面的差异化需求；
- 安全保障：IP骨干网需要对业务进行有效隔离并提供高可靠的网络承载；
- 敏捷服务：云网融合业务要求网络能够适配资源池化、快速伸缩、按需自主、服务可度量等云基本特征，IP骨干网需要具备网络资源和状态可视化、网络能力服务化开放化能力，支持业务快速上线、网络快速开通、故障快速定位。

云骨干网新架构

电信运营商IP骨干网在5G时代难以适应云网业务在质量保证和业务开通方面的要求，需要对网络架构进行整体升级。

运营商云骨干网架构包含网络资源层、网络控制层、业务编排层三个层次（见图1）。

网络资源层，云骨干网提供各类云和各种本地网之间数据流通的管道。云骨干网采用P和PE（Provider Edge）两级扁平化组网，以云的位置和规模设置云PE，按本地网设置网PE。

网络控制层，云骨干控制器提供能力包括：云骨干网的拓扑、资源、质量等状态可视管理，云网VPN、TE（流量工程）路径等业务的自动化集中部署，及网络功能服务化接口。

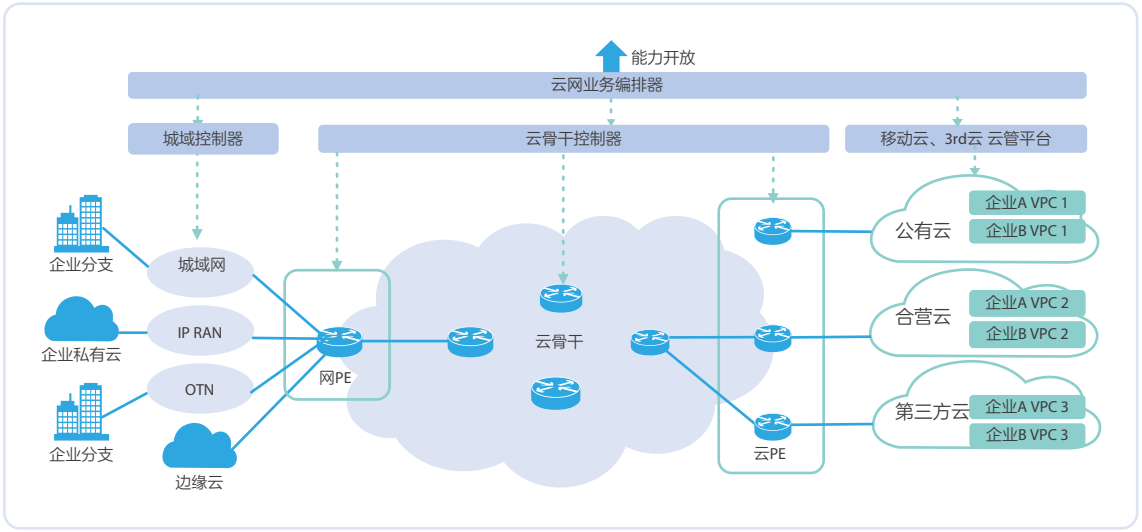
业务编排层，云网业务编排器实现多云多网环境下的云专线、云互联等云网一体化业务快速开通。

云骨干网新技术

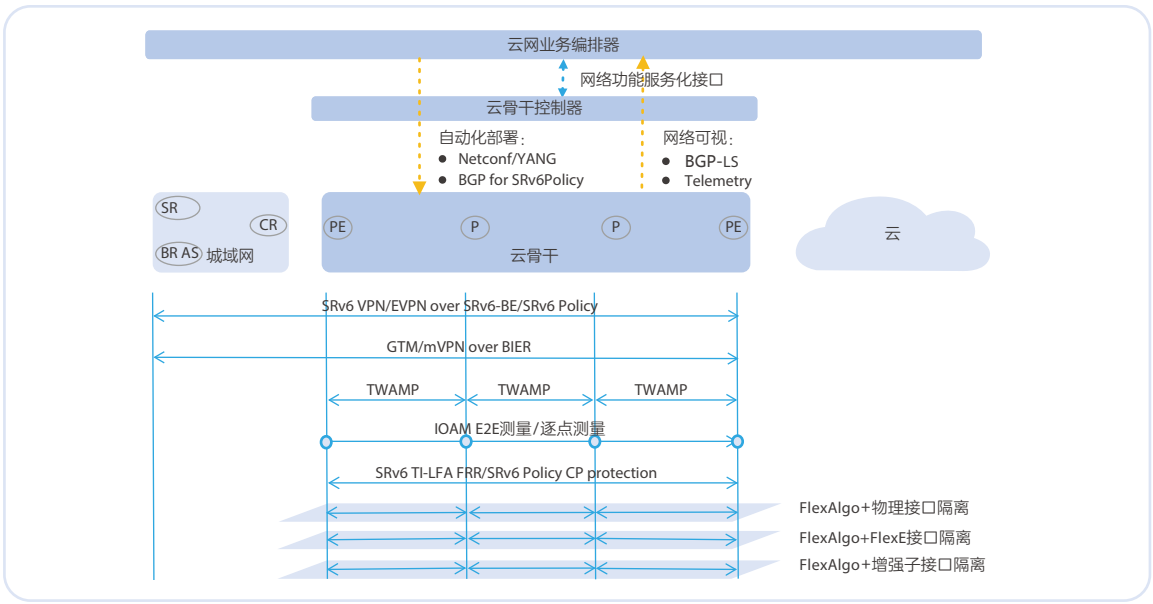
在云骨干网新架构下（见图2），需要引入新技术满足云网业务在业务承载、敏捷服务、安全保障等方面的需求。

业务承载技术演进

在业务承载方面，SRv6和BIER是云骨干网技



◀ 图1 运营商云骨干网网络架构



◀ 图2 运营商云骨干网技术架构

术演进方向，分别用于承载单播业务和组播业务。

SRv6是基于IPv6转发面的Segment Routing技术，采用IPv6地址作为SRv6 SID（Segment ID），并通过IPv6 SRH（Segment Routing Header）扩展头携带包含多个SRv6 SID的SID List进行源路由转发实现流量工程差异化承载，128bits长度的SRv6 SID由用于寻址的Locator、用于拓扑和业务操作的Function和Argument三部分组成，具备原生路由和灵活编程的能力。相对于传统MPLS和SR-MPLS技术，SRv6是云网业务承载的最佳技术方案：一是SRv6 SID支持原生IPv6转发，有利于IPv6目标网络演进以及云网业务跨域一跳拉通；二是SRv6 SID支持灵活编程，有利于云网业务应用创新；三是控制面极简部署，有利于SDN集中控制和网络快速开通。

BIER（Bit Index Explicit Replication）是一种基于位索引显式复制的新型组播技术。该技术具备以下特征：一是协议简化，BIER基于IGP、BGP等路由协议扩展交互控制面信息，无需部署独立的协议并进行RP规划；二是流状态无关，BIER不

需要中间节点维持任何组播流状态，BIER转发依赖的BIFT表基于拓扑计算生成，不受组播业务源和接收者变化影响，具备良好的业务扩展性、网络稳定性以及收敛确定性；三是网业分离，BIER作为独立传送技术，既可以灵活适配各种路由环境（IPv4或IPv6，OSPF、ISIS或BGP，AS域内或AS域间），也可以灵活适配各种上层组播应用（IPv4、IPv6或L2，全局或VPN），上层组播应用和底层路由环境没有耦合关系。BIER技术的引入将赋予云骨干网云网组播业务能力。

敏捷服务新技术

在敏捷服务方面，云骨干网需要引入TWAMP、BGP-LS、Netconf/YANG、BGP for SRv6 Policy、IOAM、Telemetry等新技术，并与SDN控制器以及云网业务编排器配合，提供资源状态可视、网络快速开通、故障快速定位等能力。

TWAMP可对网络链路丢包率、时延、抖动等质量状况进行测量，并通过IGP扩展进行泛洪；BGP-LS可将网络拓扑、资源状态、质量状态、SRv6 SID等信息上报SDN控制器。SDN控制器可以基于这些信息进行可视化管理和云网业务差异化路径计算。

Netconf/YANG和BGP for SRv6 Policy用于SDN控制器对接云骨干网设备，实现VPN业务和差异化承载路径的自动化部署。

IOAM技术在指定的业务流量中插入控制信息，由转发设备根据这些控制信息对业务流量相关信息进行采集上报给分析器，检测指定业务的时延、丢包等性能信息，从而实现网络质量SLA实时可视、快速故障定界和定位。在部署SRv6的云骨干网中，IOAM控制信息可以放在IPv6 DOH头部，采集信息可以通过Telemetry上报。

Telemetry是一种基于YANG模型定义、GPB数据编码、GRPC通道传输的数据推送技术，其特点是数据结构化、高频推送和高效传输。Telemetry可以将云骨干网的拓扑状态、性能状态、业务质量等信息更加精确地上报给SDN控制器，这些信息有助于云网业务应用创新，比如客户SLA可视服务、流量调优、预防性故障修复等。

敏捷服务还要求云骨干网的SDN控制器将资源可视、质量可视、业务部署等网络能力定义成统一的网络服务接口，由云网业务编排器灵活调用，实现多云多网场景云网一体化服务。

安全保障

在安全保障方面，云骨干网可以利用SRv6相关机制保障网络和业务可靠性，并引入FlexAglo、FlexE等技术提供云网业务资源隔离保障。

SRv6具备多个层次的可靠性机制，一是TI-LFA FRR和Protected Adj-SID通过预设的保护路径对END和END.X提供局部保护，二是SRv6 Policy的多个Candidate Path之间通过Hot-Standby预设路径或路由收敛方式对主路径提供端到端保护，三是SRv6 Policy的Candidate Path下多个SID List之间互为端到端保护路径。结合BFD/S-BFD快速故障检测技术，可实现50ms级别的保护倒换。

SRv6 FlexAglo技术可以通过部署不同的算法ID和约束条件，将云骨干网划分为不同的网络切片，每个切片包含一组节点和链路，有独立的资源保障，可实现大带宽、低时延等确定性业务保障诉求。切片节点由相应FlexAglo算法的ID标识，切片链路由相应的Affinity属性或SliceID标识，链路可以是物理接口、FlexE接口或配置队列资源有带宽保障的子接口，FlexE接口的带宽为5Gbps的倍数，子接口的带宽比较灵活、可以几Mbps到几十Gbps不等。

电信运营商作为数字产业的主力军，应以云为中心，通过网络重构和技术升级，构建面向服务、敏捷和精准的云网底座，助力全社会数字化转型。在向云骨干目标架构演进过程中，运营商应结合自身网络基础、目标客户云网业务诉求以及新技术标准化进程，制定合适的演进路线，稳步推进云骨干网建设，通过自身网络转型升级，更好地服务国家数字化转型。ZTE中兴

新型城域网BRAS池化部署方案及实践

高素勤
中兴通讯产品规划主管（有线）

随着5G建设的全面启动，运营商作为国家信息化建设的主力军，正迎来前所未有的新发展机遇。在“云改数转”的浪潮下，中国电信提出打造云网融合的新型基础设施的设想：以打造融合、敏捷、简洁、云化、智能、安全的网络为目标，采用“积木式”架构、模块化组件，坚持多业务融合承载、多厂商异构组网，构建架构弹性扩展、云网标准化对接、业务快速提供的新型城域网络。

在新型城域网架构下，需要保障用户固网和无线接入体验的一致性，满足未来个人用户和政企、垂直行业、物联网业务的海量连接及高体验需求。位于城域网边缘的BRAS（Broadband Remote Access Server）设备作为实现各种用户业务的入口，是新型城域网建设的重要一环，面对网络向云化、智能化转型的趋势，传统BRAS及其分布式的部署方式显得力不从心，其控制与转发紧耦合的架构模式已无法满足层出不穷的新业务、新流量。因此，构建一个业务丰富、运维简化、资源集约、稳定可靠的城域网边缘已迫在眉睫。

中兴通讯新型城域网BRAS池化部署方案

中兴通讯vBRAS产品采用转控分离架构，vBRAS-C（vBRAS控制面）采用X86云化技术实现控制面虚拟化，关键模块包括MP（Main Plane）、PP（Protocol Processor）、LB（Load Balancer）、ARU（Arbitration Unit）等，负责BRAS业务的控制与管理，如用户接入控制、协议报文处理、用户AAA管理以及地址管理等功能。vBRAS-U（vBRAS转发面）采用基于NP（Network Processor）的高性能转发池，负责执行用户策略、流量转发和流量统计等。控制面和转发面之间IP可达即可。

基于ZXR10 V6000 vBRAS产品的中兴通讯新型城域网BRAS池化部署方案，克服了传统BRAS设备业务控制层资源利用率不均、新业务部署周期长、分散配置运维工作量大的缺点。方案采用SDN&NFV技术，控制转发分离、软硬件解耦，从而实现了控制面云化、新业务快速灵活部署、配置运维集中控制，降低了运营商OPEX和CAPEX，助力运营商构建超大容量、全面可靠、极简运维、平滑演进的新型城域网。

- 超大容量，规模部署：方案采用转发控制分离架构，克服了当前BRAS设备控制面资源匮乏的问题；单系统支持2000万并发会话，单控制面支持200个以上转发设备；高性能转发池提供单槽400G转发能力、1T演进；覆盖城域网所有业务类型。
- 全面可靠，业务永续：业界首家支持控制面跨DC热备；所有控制面组件冗余备份，单个组件故障时无缝倒换；转发面天然池化保护，业务负载均衡，主用转发设备发生故障

时，自动切换至备用设备，用户无需重新拨号；全方位打造业务永续的系统。

- 集中配置，极简运维：控制面集中管控，控制面自动下发配置到转发面，降低75%的宽带业务配置工作量；新业务上线涉及到软件升级时只需对控制面进行升级，上线时间从数月缩减为1周。
- 平滑演进，保护投资：无需改动网络现有架构，可直接部署于当前的城域骨干网中，支持向未来以DC为核心的网络无缝演进；高性能转发设备可由现网BRAS设备升级演进，利旧现有网元资产，充分保护客户既有投资。

实践与应用

2020年，中兴通讯和中国电信在多地市进行了BRAS池化方案的部署实践和能力验证，助力中国电信城域网边缘的智能化、云化转型。目前，BRAS池化部署方案分为VPWS（Virtual Private Wire Service）接入方案和VPLS（Virtual Private LAN Service）接入方案。这两种业务组网方案及对应的U面池化保护方案在试点中均有实践（见图1）。

VPWS接入方案

OLT（Optical Line Terminal）不捆绑上行双归一对A-Leaf（Access Leaf），加入不同的VPWS（Virtual Private Wire Service）实例，即每个OLT对应2个VPWS实例；vBRAS-U用户侧接口捆绑后双归接入到不同的S-Leaf（Service Leaf）。每台UP（User Plane）上子接口只接入其中1个VPWS实例；S-Leaf部署双归双活。此方案中，UP（User Plane）可实现子接口粒度的切换，即基于每OLT粒度的切换。但由于VPWS是基于点到点方案实现OLT与UP的连接，所以OLT侧的故障会

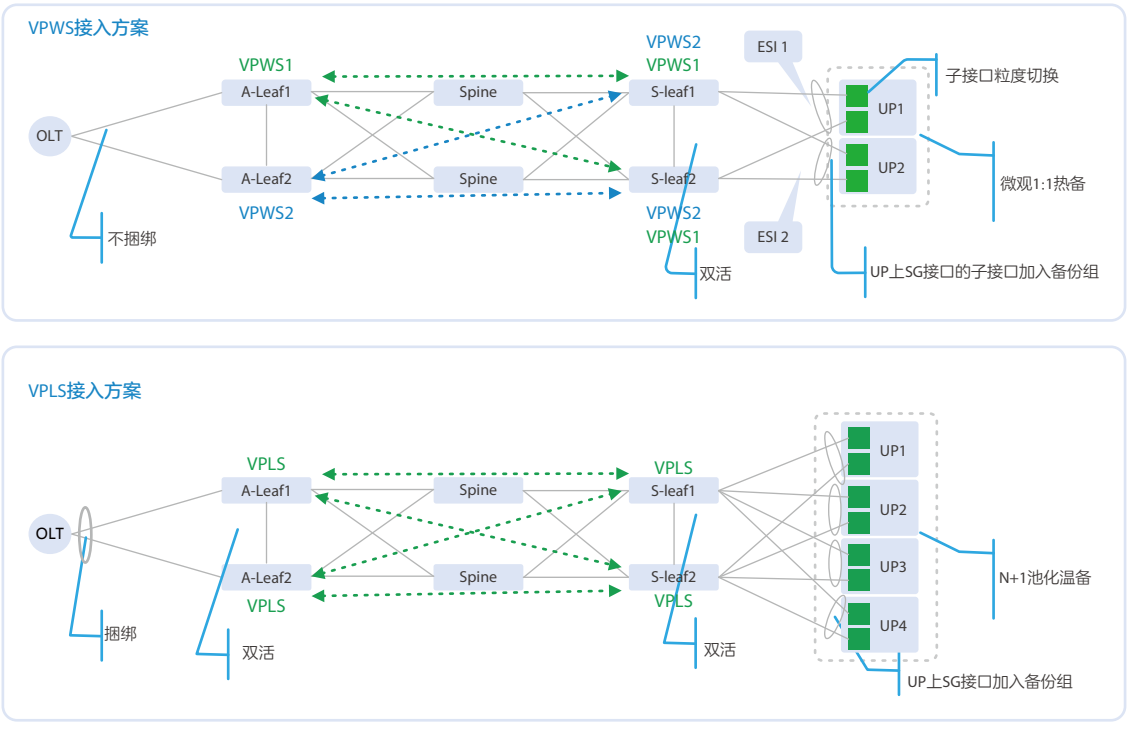


图1 家宽业务组网方案及对应U面池化保护方案

联动UP侧的主备倒换，需要端到端故障线性连通检测。此外，VPWS方案无法实现负荷分担，会造成OLT上行带宽需求翻倍，需人工规划，配置工作量大，逻辑关系复杂，维护难度较高。

VPLS接入方案

OLT捆绑双归接入一对A-Leaf，根据site或者service划分VPLS实例；一对A-Leaf针对同一个OLT的捆绑链路配置相同的ESI；每台UP用户侧接口SG（Smartgroup）捆绑双归S-Leaf，每SG口进入同一个VPLS实例。S-Leaf部署双归双活。此方案中，BRAS池可实现真正池化，做到N+1温备。该方案配置和维护简单，OLT侧的故障不会联动UP侧的倒换。但由于Leaf节点都需要学习用户终端的MAC地址，S-Leaf的MAC地址表容量压力较大，同时需要考虑VPLS实例内的广播攻击和非法MAC攻击。

为了解决VPLS接入方案面临的难题，电信集团携手设备厂商推出UMR（Unknown MAC Route）方案。其BRAS池化接入原理和VPLS方案完全一样，但A-Leaf仅给S-Leaf发送UMR，不发送其他MAC路由，如此大大减少了S-Leaf设备对MAC地址容量的需求和RR（Route Reflector）通告MAC地址的压力。此方案可实现单台OLT与多台UP间的灵活归属，以及UP面灵活的N+1保护，是未来新型城域网BRAS池化部署的趋势。

中兴通讯新型城域网BRAS池化方案聚焦运营商网络和业务的特点，既满足电信级运营多会话、大带宽、高可靠和高效率的需要，又充分考虑到运营商网络的开放性及演进需求；通过控制面和转发面的分离，高性能转发面可以满足未来4K/8K、AR/VR大视频业务的高性能要求，控制面可以满足能力开放、维护简便、业务灵活等要求，完全适应未来城域网虚拟化的发展，为宽带业务的运营带来巨大价值。ZTE中兴

携手宁夏电信，

构建面向用户的场景化切片专网

吉晓威
中兴通讯承载产品规划经理

5G云网时代，企业上云、行业应用上云、多云接入渐成趋势，全球主流运营商均已启动基础网络转型工作，以云服务为中心，引领企业实现数字化转型。为满足云业务发展所需的敏捷、灵活、可编程和开放等特性，运营商迫切需要云+网+应用的协同解决方案，以实现业务上云、多云互联相关业务的灵活、动态、快速部署。中兴通讯携手宁夏电信打造切片专网（见图1），实现用户场景化业务覆盖，以用户体验为中心，满足企业云+网+应用的业务需求。双方从全局业务视角出发，分析云网融合的驱动力，洞察云业务对网络的要求，通过中兴ZENIC ONE控制器与第三方编排系统对接，构建面向客户的场景化技术运营体系。

在物理网络层面，由STN（Smart Transport Network）行业专网、城域网和省内云骨干网三部分组成。其中云骨干网新建云网PE（Provider Edge），网PE用于接入STN行业专网用户和城域网用户，云PE用于对接天翼云；设置一对网PE用于集中的互联网出口，对接安全集约平台和态势

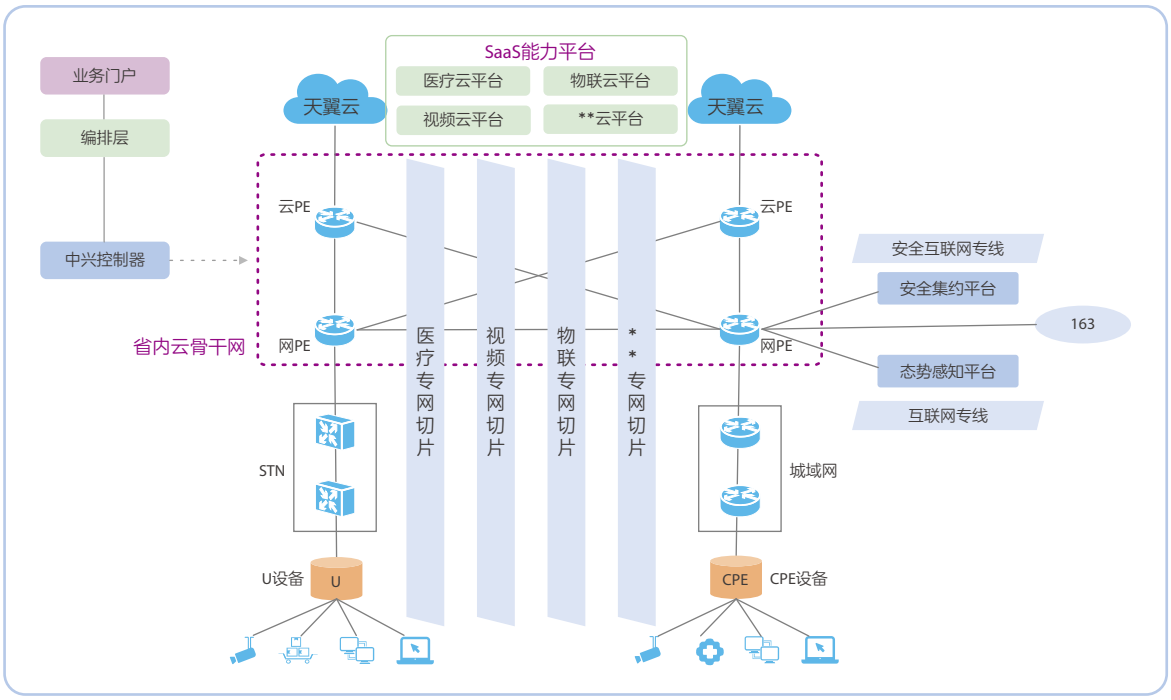


图1 宁夏电信切片专网总体框架

感知平台，为用户访问互联网业务提供不同的安全防护等级。

天翼云端，宁夏电信建设了多种SaaS（Software as a Service）能力平台，包括医疗云平台、视频云平台、物联云平台等，新的SaaS能力平台在持续构建上线中。

在3张物理网络组成的基础网络上，通过软硬切片的方式构建出不同的逻辑切片专网，分别与不同的SaaS平台对接，实现端到端的切片专网。

从用户视角看，在企业侧部署一台U设备或CPE（Customer Premise Equipment，客户终端设备），支持一盒多网，用一根光纤接入到网络后，可以自动接入到各个切片专网（医疗专网、视频专网、物联专网等），同时可以按照不同的安全等级需求，通过互联网专线或安全互联网专线上Internet网络。

技术框架上，选择SDN+SRv6实现端到端业务打通。SRv6因其与IPv6、SDN的无缝融合、支持网络灵活可编程、支持插花部署等优异特性，成为5G云网全场景的明星级解决方案。宁夏电信切片专网方案采用中兴通讯融合一体化控制系统ZENIC ONE，实现云网业务规、建、维、优全周期管控，对用户侧U设备、行业STN网设备、云网PE设备、城域网BRAS（Broadband Remote Access Server）设备进行端到端SRv6的管控和路径编排管理。

宁夏电信和中兴通讯一起，在一盒多网、行业专网、云网互联骨干等多个场景进行了深入探索，并探讨如何实现自动化、智能化、端到端的管控：

- 广覆盖，一网多云多业务：通过构建云网骨干，实现一网多业务端到端承载，多云可达，将云端的能力通过切片专网传递给用户侧，为企业创造更多价值。
- 安全可靠的网络服务：物理独立的行业专网平面，天然实现的物理安全、技术安全以及管理安全结合宁夏电信自身丰富的网络运营经验，为企业提供端到端安全、可靠的切片专网。
- 一盒多网：以前不同业务分别通过各自物理设备接入到不同的网络提供相应的服务，客户侧设备繁多，维护管理复杂，成本较高；宁夏电信和中兴通讯一起定义用户侧设备，实现“一盒多网”，通过对企业终端接口再定义，结合宁夏电信行业专网，实现行业用户视频监测、入云专线、物联网、互联网等不同服务等级需求的业务，并将用户侧设备的功能组合选择权交给用户，用户可以按需定制。
- 完善的云网生态：通过云网融合，底层网络实现自治，上层业务形成B2B的统一平台和入口，宁夏电信构建了完善的政企业务生态体系。STN行业专网、城域网、省内云骨干网，叠加用户侧的“一盒多网”网关，通过切片网络实现用户自申购、自管理、自提速、自改变等，通过智能网关配合用户门户实现客户的网络可被运营，客户可以通过统一的门户管理自己的网络。门户加端到端的网络，形成宁夏电信服务于行业用户的一体化云网底座。

宁夏电信切片专网是中兴通讯与宁夏电信在云网融合领域的成功合作范例。宁夏电信基于切片专网为企业提供一条龙服务，在业务形态、商业模式等方面升级服务能力，为千行百业提供数字化应用和解决方案。

未来中兴通讯愿与更多的运营商客户一起开展云网领域新场景、新方案的探索与实践，助力于全行业的数字化转型。ZTE中兴

河南移动：率先完成G-SRv6现网试点验证

2020年，中兴通讯联合中国移动及相关厂商，创新性推出传统SRv6技术的优化方案G-SRv6，并在年内率先完成中国移动实验室测试验证和河南省现网试点验证，成功验证了G-SRv6在现网规模部署的可行性，标志着G-SRv6技术向正式商用部署迈出了坚实的一步。

徐晓蕾
河南移动基础网高级项目经理

郝文胜
河南移动高级互联网维护工程师

G-SRv6试点背景

标准SRv6的128bit Segment ID（分段标识，简称SID）采用IPv6地址格式的SID，相比MPLS Label格式的SID，具备可路由属性，简化域间路径创建，实现在IPv6网络中简化建立端到端路径的能力。同时，SRv6 SID支持可编程能力，能够满足灵活的网络和业务功能处理，结合集中式和分布式控制平面的协同支持，能灵活满足各种业务和网络功能的需求，适应网络和业务发展的需要。

标准SRv6虽然具备上述诸多优点，但在网络实际部署中主要面临两个方面的挑战：一是SRv6报文开销大、网络链路带宽利用率低；二是SRv6报文处理对芯片要求高，现网设备难以支持深度的SRH头的复制和操作，并且128bit的SID处理会降低现有芯片的处理效率。

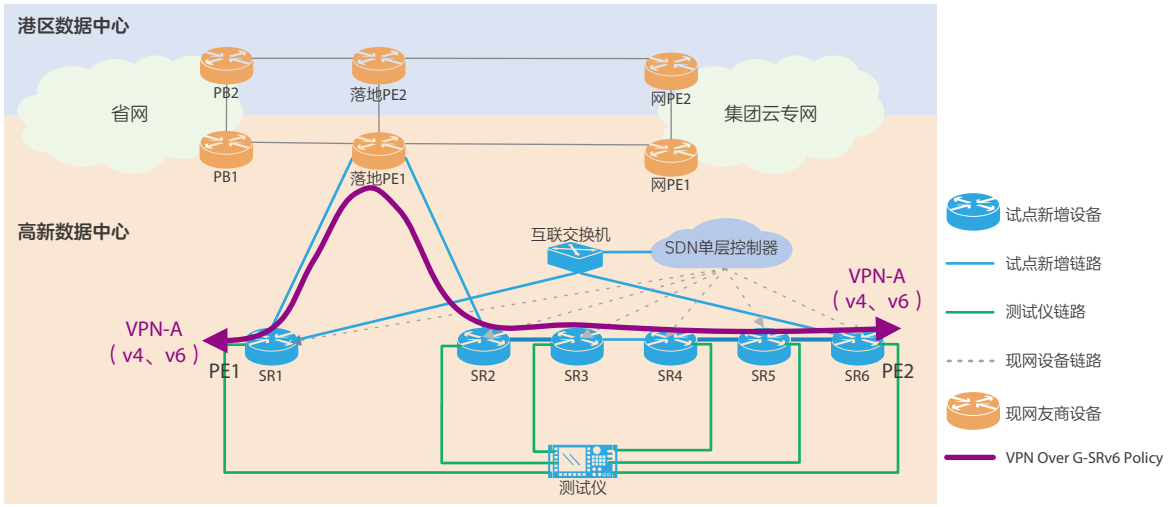
针对以上问题，需要对标准SRv6的SRH进行压缩优化，采用更简洁短小的G-SID，如典型的32bit SID标识，将标准128bit的SID采用32bit的G-SID来表示并替代其在SRH头中的封装，从而将标准SRv6的SRH封装开销优化，在支持SRv6功能的同时大大优化SRv6的性能，以便SRv6技术能够在现有网络中规模部署。

本次G-SRv6现网试点工作由中国移动集团计划部牵头，中国移动研究院负责整体技术方案制定，中兴通讯和中国移动河南公司负责技术验证和现网试点开局工作。

河南移动G-SRv6试点网络及业务介绍

中兴通讯与河南移动省公司经过充分沟通，确定在河南移动郑州高新区数据中心进行现网设备部署。中兴通讯提供2台ZXR10 M6000-8S Plus及4台ZXR10 M6000-3S作为SR（Service Router，全业务路由器）和PE（Provider Edge，边缘路由器）设备。整体网络拓扑如图1所示。

现网试点主要包括G-SRv6转发面和控制面互通验证，根据网络现状，以L3VPN为基础业务，分别验证跨越普通IPv6网络、跨越不同G-SRv6压



◀图1 试点网络总体拓扑

缩域、跨越G-SRv6压缩域及普通SRv6域等不同网络情况组合下G-SRv6的部署，分析G-SRv6对现网设备及业务的影响以及应对方案，验证现网部署可行性，并形成G-SRv6商用建议，逐步推动G-SRv6技术的成熟、现网部署及商用。

试点方案覆盖以下两种部署方式：

- 单压缩域部署：验证G-SRv6头压缩优化技术单压缩域转发面和控制面的可行性和成熟度；
- 跨压缩域部署：验证G-SRv6头压缩优化技术跨不同压缩域及与普通SRv6域混合编排转发面和控制面的可行性和成熟度。

G-SRv6河南移动试点内容及结论

本次试点主要验证静态及动态G-SRv6 Policy对主流L3VPN业务的承载能力。

试点案例覆盖单域、跨不同压缩域、压缩域及非压缩域混合多种场景，涉及动态及静态方式部署严格、松散多组合的G-SRv6 Policy，承载V4/V6双栈L3VPN业务的多条案例。

在河南移动和中兴通讯的精心准备和通力配合下，河南移动G-SRv6所有试点案例一次性全部通过。试点结果证明：中兴通讯ZXR10 M6000-S系列产品可以满足现网条件下的跨厂家L3VPN over多种G-SRv6 Policy业务开通和运维，满足所有功能要求。

G-SRv6商用建议

在严格路径流量工程（TE）场景中，逐跳的SRv6节点需要通过SID来指定，因此路径越长SID数目越多；在跨越多个SRv6域的场景，端到端的SID数目更多，使用G-SRv6头压缩技术能够有效减少SRv6报文开销，减轻设备压力。

在G-SRv6未全网部署的实际情况下，可考虑在骨干网络单域环境中率先部署G-SRv6，结合低时延、带宽等要求，基于不同的业务需求，创建基于G-SRv6 Policy的承载通道，优化骨干网的承载质量。骨干网需部署支持G-SRv6的控制器设备；骨干网路由器设备需升级支持G-SRv6，可部分升级，也可全部升级，但全部升级可更加体现

在5G大规模部署、数字化转型、云网融合的趋势下，G-SRv6技术能够激活大量的存量网络，帮助运营商快速打造数智网络，赋能千行百业。中国移动和中兴通讯也将继续深度合作，共同推进G-SRv6的规模部署，推动网络向智能化、极简化发展，拥抱5G新时代。

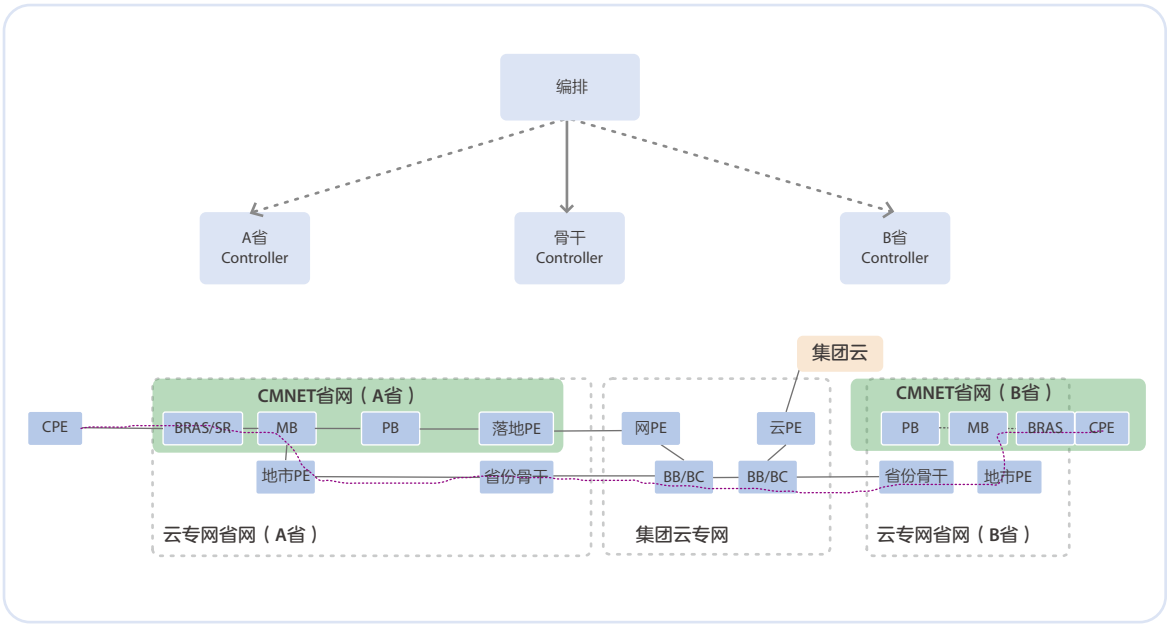


图2 跨省分支互联业务场景 ▶

G-SRv6对SRH头压缩的效率。

此外，也可考虑在部分省份率先部署G-SRv6，并在省内部署L2/3 VPN over G-SRv6 Policy业务，提供具备一定质量保障的省内L2/3 VPN业务。省网需部署支持G-SRv6的控制器设备，省内设备进行部分或全部升级支持G-SRv6（业务边缘设备需升级支持，包括地市PE/BRAS/SR）。

SRv6规模部署后，可考虑部署跨省份及骨干的专线业务，如跨省分支互联等业务（见图2）。

此种场景下，需要部署跨越多域的编排系统，在支持G-SRv6的省份部署G-SRv6控制器，省内设备进行部分或者全部升级支持G-SRv6（业务边缘设备需升级支持，包括地市PE/BRAS/SR），省内云PE或者集团云PE支持G-SRv6或者普通SRv6；演进目标是全网设备支持G-SRv6。

在5G大规模部署、数字化转型、云网融合的趋势下，G-SRv6技术能够激活大量的存量网络，帮助运营商快速打造数智网络，赋能千行百业。中国移动和中兴通讯也将继续深度合作，共同推进G-SRv6的规模部署，推动网络向智能化、极简化发展，拥抱5G新时代。

液冷技术在大容量核心机房能源改造中的应用

王伟
中兴通讯国际IP市场方案总工

在全球范围内，2018—2024年，来自4G/5G和消费者固定宽带网络的总数据流量以28.7%的复合年增长率（CAGR）快速增长。尤其随着5G、千兆宽带在各个国家的逐步商用，云XR游戏、AR/VR、高清视频、5G垂直行业创新应用层出不穷，流量在网络核心层越发呈现爆发性增长趋势。核心路由器设备容量不断增长，设备散热技术成为建设低碳网络的关键技术。

核心路由器引入液冷技术是大势所趋

随着流量快速增长，目前网络核心层对路由器容量要求已经从几年前的400G发展到现在的单槽位1T/2T甚至4T。传统骨干网核心路由器均采用风冷散热方式，传统风冷模式最高能支撑核心路由器2000W/槽位的散热能力。随着网络核心层流量的快速增长，设备容量不断增长，设备功率密度持续攀升，离单槽2000W的风冷上限越来越近，这带来了两大挑战。

首先，功耗增加，整个机房存在巨大的散热和供电压力，而主设备及机房空调制冷能耗导致运营商电费开支巨大。运营商大容量通信机房的PUE（Power Usage Effectiveness）约为2.5，远高于数据中心（PUE为1.8）。按照中国三大运营商统计的历史数据，2018年三大运营商电费合计505亿元，如果PUE每降低0.1，电费节省达25亿元。

其次，骨干层核心路由器功耗随容量提升逐年增加，当突破2000W/槽位上限后，如何应对？目前，采用高效可靠的液冷散热技术被认为是解决该问题的有效途径。

核心路由器引入液冷技术，从行业发展和运营商角度分析，是大势所趋。

从行业发展角度看：

核心路由器功率增长，本质是芯片容量成倍增加，虽然引入了7nm等更先进的制程工艺，但是由于容量的翻倍提升，导致芯片本身功率密度持续增长。如果散热技术的发展跟不上，就会带来芯片内部热量堆积和温度升高，对芯片的寿命和性能的稳定性产生不利影响，导致设备稳定性和业务有效性的降低。

当前主流应用的强迫风冷技术具有噪音大、换热系数小等缺点，大容量核心路由器的噪声水平轻松可以达到78dB，与风冷技术对比，液冷技术具有散热效率高、低噪节能等突出的优点，符合行业的迫切需求。

IT行业已经开始批量应用单相液冷散热技术，主流的服务器厂商都已经推出了成熟的以水为冷却剂的单相液冷设备。但传统单相液冷技术以水为工质，其腐蚀性和导电性问题无法满足对可靠性要求极高的核心路由器的需求；相比之下，无水液冷的工质从绝缘性和相容性来说，更符合核心路由器的需求。

从运营商角度看，现有运营商核心机房的单机柜散热能力为6kW，而大容量核心路由器机柜的功耗已经达到了30kW以上。运营商对未来核心路由器产品的需求主要有：

- 高集成度：设备及芯片的高集成度是不可逆

转的趋势；

- 高效散热：大容量核心路由器业务能力强，在尽可能小的机房面积上实现尽可能多的业务能力需要更高的散热量，设备需要实现高效散热；
- 低噪声：设备容量提升的同时要减少噪声污染，提升运维人员舒适性；
- 维护简单：设备维护要尽量简单，降低运维成本；
- 低能耗：响应国家节能减排号召，降低整机能耗和空调制冷能耗以降低电信运营成本；
- 架构兼容性好：硬件设计上兼容风冷及液冷散热架构，能适应现有机房以及未来ICT机房的制冷架构。

液冷技术助力大容量核心路由器发展

液冷技术主要是利用液体的高导热、高热容以及高相变潜热等特性，替代空气进行高效的热交换，从而将芯片等关键部件产生的热量带走，实现散热。

液冷系统主要由具备液冷功能的核心路由器、冷却剂分配单元（CDU）以及冷水机组三部分组成（见图1），主要包括单相液冷散热技术和两相液冷散热技术。

- 单相液冷散热技术：在密闭的内循环装置中，通过CDU内置的泵产生动力推动密闭系统中的单相冷却剂循环流动，将散热片吸收的芯片热量通过冷却剂的循环流动带出，释放到外部环境，冷却后的液体再次回到设备中，循环往复带出热量。
- 两相液冷散热技术：冷却剂在循环泵的作用下进入吸热设备，工质在吸收热量后由单相变为气液两相态，两相混合物在流经外部释放热量后冷凝重新变为液态，再次循环流入设备。

目前，中兴通讯已投入资源积极从事单相液冷散热技术和两相液冷散热技术的研发，单相液冷散热技术实验室数据可达到2500W/槽位的散热能力，两相液冷散热可达5000W/槽位的散热能力，能够有效应对未来10T+以上大容量核心路由平台的散热需求。

相比传统散热技术，液冷散热技术目前最高可实现整机散热能力提升2.5倍，噪音降低80%+，

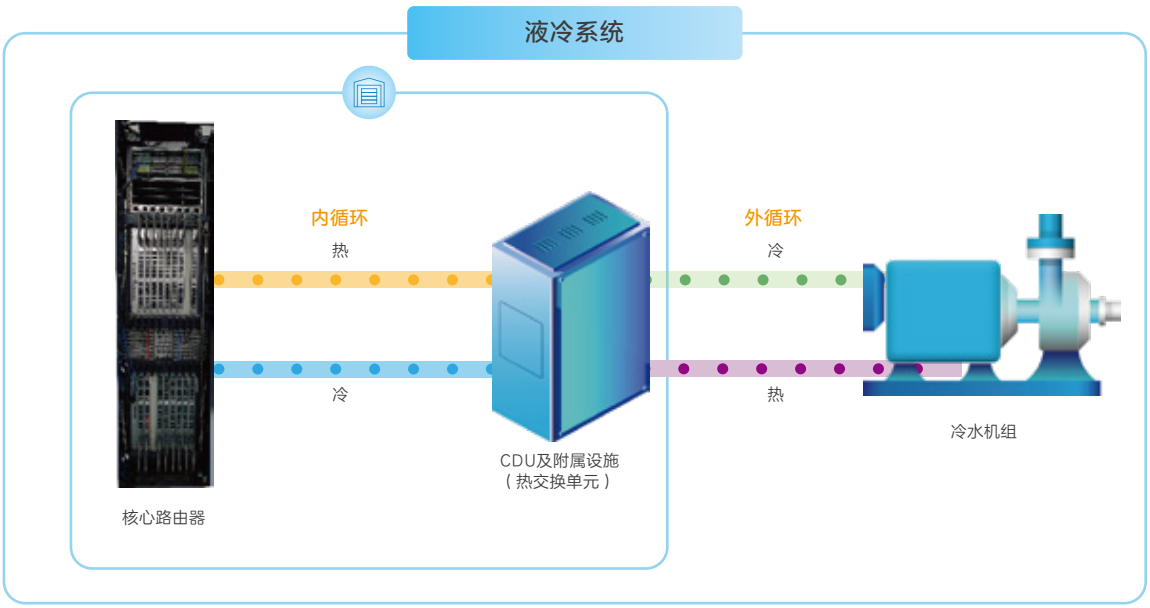
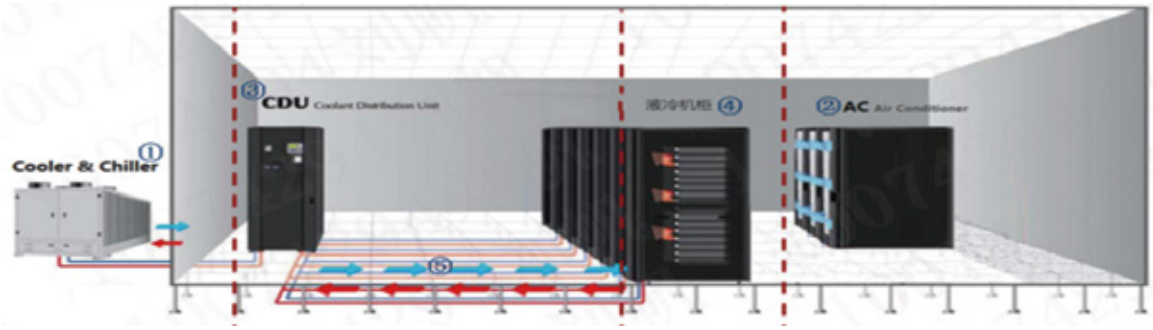


图1 液冷系统组成架构 ▶



◀ 图2 中兴通讯液冷系统方案

节能30%+。现在，中兴通讯液冷样机已在运营商实验室进行测试验证，助力运营商构建低碳低噪网络。

中兴通讯液冷方案助力大容量核心机房能源改造

液冷技术通过比空气更高效的液体来转移热量，热量传递效率更高，并且通过液冷循环直接将热量排放到室外环境，对机房的制冷能力要求不高，无需太多的改造和新建，可以解决当前通信机房在高功耗设备应用上的痛点。

为解决当前高功耗设备在机房应用中存在的供电困难、机房PUE高、占地空间增加等问题，中兴通讯、中国电信研究院和中国电信云公司联合开展路由器液冷项目，研究和解决未来大容量核心路由器在机房应用中的难题。

该路由器液冷项目采用中兴通讯研发的ZXR10 T8000（支持液冷方式），利用电信云公司现有通信机房，进行局部改造，支持液冷系统的应用。液冷系统主要包括四部分：液冷路由器机柜④、液冷CDU③、液冷室外冷却塔①、风冷机房空调②（见图2）。

路由器液冷系统可以直接使用空调的冷冻水外机，但该路由器液冷项目为更好地验证液冷系统的性能指标，液冷系统采用独立的封闭系统。机房室外采用独立的冷却塔，机房内部各设备的供电线路彼此独立，且可计量。为达成以上目标，需要对电信云公司现有的通信机房进行改造，主要涉及室外冷却塔和CDU之间管路的土建改造，以及供电线路的改造。

ZXR10 T8000（支持液冷方式）整机提供20kW左右的功耗，采用风/液混和的冷却方式，风冷部分热量依靠机房空调解决，液冷部分热量通过CDU以及室外冷却塔解决。液冷系统采用单相无水工质，绝缘不导电，使用更安全可靠，满足十年长期稳定运行；液冷单板采用快速流体连接器，支持设备运行过程中带压插拔，即插即用，高效维护。

CDU使用外置方式，占用一个机柜位，系统CDU-室外冷却塔侧采用自然冷却、CDU-液冷机柜侧高温供液（＞45℃）方案（低温供液容易产生凝露），具有节能、高效、高集成的特点；关键部件采用冗余备份设计，可靠性更高。

基于测试数据，改造后的机房PUE可达1.2以下，目前已完成创新成果一期试验测试和验收。

液冷系统长期运行的可靠性和对于能耗的节省程度是非常重要的两个方面，本次试验给客户提供的是全套液冷系统，包括室内液冷单机、CDU和室外冷却塔，因此，可以说是从液冷设备到机房综合解决方案的验证，为下一步运营商制定液冷机房的建设标准，提供了积极的探索。ZTE中兴

5G新IP技术及标准进展

魏月华
中兴通讯承载网标准预研总工

5G是最新一代移动通信技术，其技术标准正在加速完善，在全球范围内的部署步伐也在加快。5G 的三大应用场景eMBB、mMTC和uRLLC对承载网提出了高数据速率、低延迟、低能耗、高系统容量和大规模设备连接等特性，以及云化、切片化的网络形态的新要求。5G不仅包含无线侧的技术演进，还包括承载网络（xHaul，包括Fronthaul、Midhaul、Backhaul传输网络）的技术演进，目标是建立高带宽、低时延、泛在连接网络，以灵活的方式实现不同业务所需的快速配置和服务自动化。

5G的关键需求除了超大带宽和超高精度的时钟同步，其他的需求也对承载网的技术演进提出了新的要求，一些已有的技术如EVPN（Ethernet VPN）/L3VPN将为5G的海量连接提供技术支撑。但对于5G更多的关键需求，如超低时延、灵活调度、网络切片及高可靠/码率传输的需求，已有的技术并不能完全满足，因此Segment Routing、BIER、Transport Slicing及改进OAM等技术为承载转发提供新技术选择和保障，TSN（Time-Sensitive Networking）/DETNET（Deterministic Networking）分别为以太网和广域网提供时延保障，云化的网络形态提出了新的挑战，SDN控制器也在不断的发展以支持5G场景下的各项新技术编排。

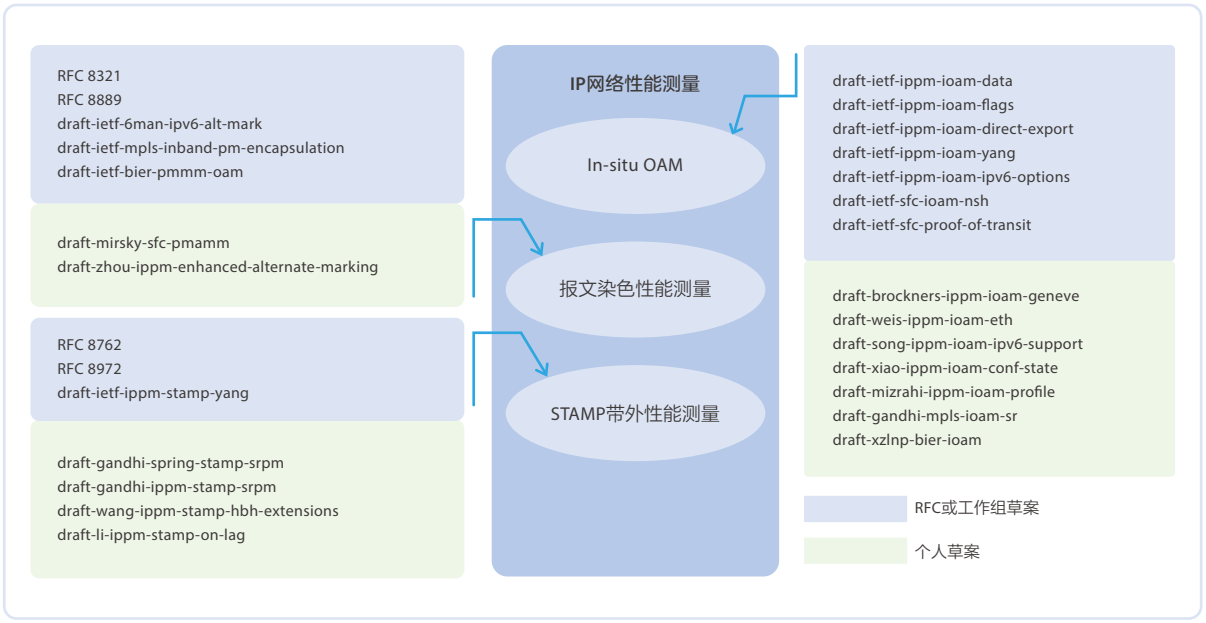
IP网络性能测量

随着5G时代的到来，用户对于服务质量的要求越来越高。运营商希望利用OAM（Operations，administration and management）技术，周期性地对整体网络进行性能检测，实时评估网络状态，提前发现故障。然而，当前IP网络在性能检测方面存在协议复杂、不同厂商设备互通难的问题。

IP网络性能测量技术体系包含一系列协议方案（见图1），其中STAMP（Simple Two-Way Active Measurement Protocol，简单双向主动测量协议）、Alternate-Marking随路报文染色性能测量方案、In-situ OAM随路Telemetry方案是该领域方兴未艾的三项重点技术。针对这三项重点技术的标准化，中兴通讯皆积极参与并取得多项成绩，中兴通讯与中国移动联合牵头提交的MPLS报文染色封装格式草案已被IETF采纳为工作组草案，中兴通讯还牵头提交了In-situ OAM节点能力获取草案。特别是中兴通讯牵头提交的STAMP性能测量协议系列草案，其中的两篇基础草案已在国际标准组织——互联网工程任务组IETF（Internet Engineering Task Force）发布为正式标准。

2020年4月，中兴通讯牵头制定的IP网络性能检测协议STAMP正式发布为RFC 8762。2021年1月，中兴通讯牵头制定的STAMP TLVs标准正式发布为RFC 8972。作为业界首个基于SDN的标准化IP网络性能检测协议，STAMP在简化协议的同时解决了异厂家设备在性能检测方面的互通问题，填补了IP行业网络性能精确检测领域的空白。

当下在IP网络中广泛部署的性能测量协议是



◀ 图1 IP网络性能测量的标准化技术图谱

TWAMP（Two-Way Active Measurement Protocol）和TWAMP-Light（Two-Way Active Measurement Protocol Light Version），其中，TWAMP-Light是TWAMP的简化版本。中兴通讯STAMP协议一方面继承了TWAMP和TWAMP-Light的优秀设计基因，且做到了与TWAMP-Light现有产品实现在非安全认证模式下的互联互通，另一方面又对现有TWAMP和TWAMP-Light的协议功能进行了增强，尤其是大大提高了IP网络SLA（Service Level Agreement）核心参数（时延、丢包率等）的测量精度，实现了在后向兼容基础上的开拓创新。

对比TWAMP协议和TWAMP-Light协议，STAMP协议通过标准化规定了多个测量参数，使得不同厂商的STAMP会话发报器与会话反射器实现了互联互通。同时STAMP采用了更高级的加密算法，并规定了多个实现各种扩展功能的TLV（Type-Length-Value），在增强了测量过程安全性的同时大大提高了测量结果的精确性。

STAMP作为一种新型的IP网络性能测量协议，可以广泛应用于IP网络的各种场景，比如从5G无线基站到5G无线核心网之间IP回传网络的性能测量。随着5G时代的到来，各种新型网络应用层出不穷，不同类型的网络应用对于网络性能的要求也各不相同，提供既简单又精确的网络性能测量工具成为了运营商的急迫与突出的需求，STAMP性能测量协议的出现可谓正逢其时。中兴通讯将持续推进STAMP协议的规模应用，同时坚持新技术的研发、标准推进以及商用实践，用最先进的产品和技术助力新业务的快速、高质量部署。

Segment Routing

5G业务要求IP承载网络具备支持海量连接、业务灵活调度、路径精准可控、协议扩展性强等能力，传统MPLS技术难以满足此类要求。

Segment Routing（SR）是源路由转发技术，其中，SRv6在数据面直接使用IPv6地址作为转发标识，不仅继承了SR的所有优点，还具备标识空间数量近似无限、兼容传统IPv6转发的特性，可以做到任意节点可达。此外SRv6扩展头开放了SID、TLV和SegmentList三层编程空间，符合SDN网络架构，可扩展性好。以上优势使SRv6

成为5G承载的最佳技术选择。

SR/SRv6标准主要由IETF制定，图2为SR技术组件，SR-MPLS标准已基本成熟，SRv6基础特性提案大多已被采纳。目前标准组织的工作重点为SRv6头压缩、SR网络切片、OAM、业务链、路径保护、跨域互通、SR组播等技术方案。

中兴通讯牵头的SR-MPLS BFD、SR-TP、BGP-LS通告SR-MPLS的最大栈深能力等草案已经被IETF采纳。中兴通讯牵头的STAMP协议也正在推进成为SRv6带外性能测量的方案的基础。此外，中兴通讯还是IETF最早提出SID开销问题及Unified SID头压缩方案的公司，并与中国移动等公司合作提出了G-SRv6技术方案。目前中兴通讯是IETF SRv6头压缩方案设计组的重要成员之一，正参与到加快推动SRv6头压缩标准化的进程中。

在中国通信标准化协会（CCSA，China Communications Standards Association），中兴通讯也和中国移动、中国电信、中国联通等运营商一起，联合牵头及参与制定多项中国通信行业标准。

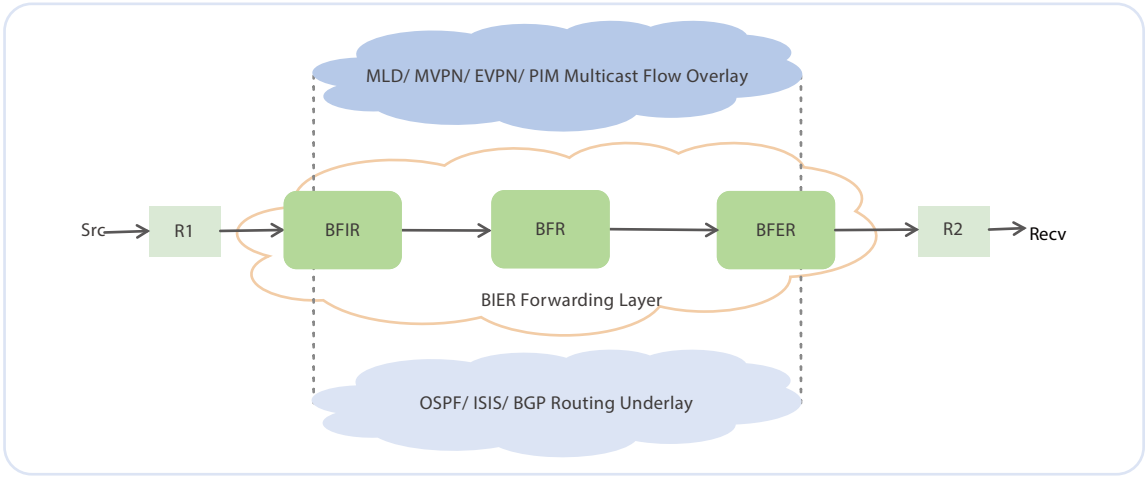
BIER技术

5G网络的视频业务快速发展，对于实况直播、网络会议、远程医疗、远程教育等组播业务，如果采用传统的单播传输方式，则带宽无法满足需求。AR（Augmented reality）和VR（Virtual Reality）技术，更是比4K视频在带宽、时延等方面面临巨大挑战。传统组播技术将组播业务与IP组播路由紧耦合，依赖组播树进行组播流量转发，每个业务需要建立一棵组播树，每一跳路由器都需要保存组播树状态。采用这种方式实现组播业务应用难度极高，且单条组播流量引起的组播树变化会导致整个网络状态发生动荡，因此传统组播技术无法支持组播业务的飞速增长和灵活变化。

BIER（Bit Indexed Explicit Replication，位索引显式复制）技术作为下一代组播技术，其技术架构图如图3所示，该技术具有以下优点：

- 组播业务与转发完全分离，采用Underlay、Transport、Overlay三层架构，组播业务数量可以任意扩展，不受IP组播路由数量的限制；
- 简化组播路由转发，无需组播控制协议运行，无需建立组播树和组播隧道；
- 中间节点看不到任何组播流，也无需保存任何组播状态；
- 节点仅根据网络拓扑进行转发，继承单播的特性，如FRR（Fast Reroute）和LFA（Loop-Free Alternate）；

图2 SR技术组件 ▶



◀图3 BIER技术架构

◀图4 IETF网络切片架构

- 网络收敛速度跟单播一样快，无需组播状态的信令和收敛；
- 作为SDN（Software Defined Networking）的插件，只需要网络入口和出口设备上交互源和接收者信息。

中兴通讯作为最早参与IETF BIER标准化工作的厂商之一，与业界厂商、运营商携手推进BIERin6、BIER跨域、BIER OAM等系列国际标准制定。中兴通讯牵头和参与的IETF立项成功标准约占到工作组全部标准的1/3。其中BIERin6作为BIER IPv6核心技术，已经在IETF BIER工作组立项成功，在业界主流厂商中达成全面共识，并已在业界主流厂商的产品中实现。在国内，中兴通讯与中国电信、中国移动等单位也展开良好合作，牵头发布多项CCSA BIER技术行业标准。

IP传输切片

切片是5G网络的关键需求之一，通过切片技术，可以对5G网络资源进行灵活切分，快速定制出满足客户差异化需求的虚拟网络，同时充分共享网络资源，实现按需定制和建网成本的动态平衡。网络切片是5G差异化需求的必然选择，也是5G时代商业模式变革的基础。

图4是IETF定义的IETF网络切片架构，切片不是单一的技术，是若干种技术的组合应用，与Segment Routing、BIER、OAM、IGP（Interior gateway protocol）、BGP（Border Gateway Protocol）等都有关系。

中兴通讯牵头了IETF切片具体实现方案——Slice+方案，目前在IETF的TEAS、LSR、IDR等工作组提出了slice+切片全套解决方案，包括数据面、控制面等，是国际最早提出底层资源如何硬软隔离以及实现端到端切片方案的公司。Slice+目前已经在IETF和CCSA与Juniper、中国移动、中国电信等公司联合推进。中兴通讯的Slice+方案完整讨论了在底层物理拓扑、IGP多拓扑、IGP Flex-algo基础上创建端到端切片并实现切片资源的预留与隔离。为此中兴通讯率先在业界为underlay网络引入端到端的切片管理标识，用于切片的计算、存储、转发资源的管理与维护，实现IP层面的硬管道。当用户采用IGP灵活算法提供快捷的粗粒度切片时，可采用算法本身标识和隔离转发资源，并基于算法拓扑内的路径计算。

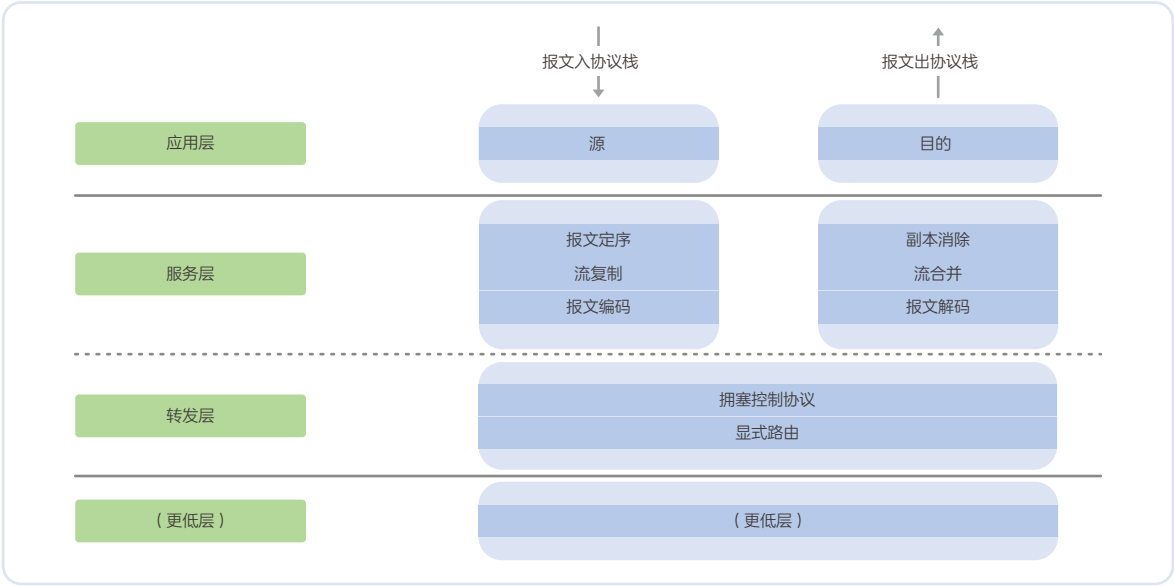


图5 DetNet数据面协议栈▶模型

中兴通讯提交的草案draft-ietf-lsr-algorithm-related-adjacency-sid-00讨论了这种方案，并已在IETF成功立项。

确定性网络技术

确定性网络技术采用二层桥接和三层路由技术为业务提供确定性网络服务，具体指标包括最差情况下的最大及最小端到端时延及抖动、低丢包率和报文传输乱序上限。除了以太网TSN技术，IP网络确定性相关标准主要由IETF DetNet（Deterministic Networking）工作组制定。

DetNet架构将DetNet按照功能划分成业务子层和转发子层，DetNet关键技术包括资源预留、业务保护和显示路径，DetNet协议栈模型如图5所示。

目前DetNet的架构、用例、信息模型和IP/MPLS及TSN数据面等标准制定基本完成，后续重点工作为制定DetNet管控面相关标准。

中兴通讯已预研仿真实现部分确定性网络技术，并在OpenDaylight开源平台发布。在标准推进方面，中兴通讯已与中国电信、中国移动及中国联通等合作，在CCSA牵头及参与多个确定性网络技术行业标准制定。

在IETF，中兴通讯主导并成功推进DetNet OAM需求、DetNet MPLS OAM及DetNet IP OAM等多个标准。此外，中兴通讯在IETF与中国移动合作推进精准网络方案，提出未来确定性网络服务不仅需要满足低时延抖动、低丢包率、高可靠性等SLA服务保障，还需要满足资源灵活调度、业务隔离等精准服务需求。但当前确定性技术在现有统计复用特性的IP网络架构下，面临在广域网应用中长距离传输、队列调度、动态流量汇聚及流状态维护等争议问题。未来确定性技术可以采用承载网层次化架构，利用灵活精准管道技术，通过小颗粒、硬隔离、可抢占等特性，实现未来时间敏感业务的端到端确定性服务，构建“准时、准确、快速”的精准网络。

5G大规模建设时代的到来，给通信行业带来了前所未有的机遇和挑战。中兴通讯将发挥自身在5G技术方面的积累和优势，联合业界广大合作伙伴，引领和参与制定5G相关承载技术标准，让IP技术更好地服务于5G未来网络。ZTE中兴

中兴通讯助力中国电信

骨干网上海“I”节点开通

打造网络强国，互联网国际出口建设意义重大

当今世界，全球信息化浪潮蓬勃兴起。为建设现代化网络强国，《国家信息化发展战略纲要》中明确提出要加强国际互联网出口建设，通过与周边国家实现网络互联、信息互通，初步建成网上丝绸之路。纲要还提出，到2025年将建成四大国际信息通道，连接太平洋、中东欧、西非北非、东南亚、中亚等国家和地区，增强信息通信技术、产品和互联网服务的国际竞争力。打造网络强国，互联网国际出口建设至关重要。

中国电信是中国固网基础资源最为丰富的运营商之一，其骨干网络国际出口带宽占整体带宽的60%。中国电信上海国际出口节点是中国电信国内长途电信网的重要枢纽节点，也是中国国际通信的三大出口局之一；节点包括京沪、北沿海、北沿江、南沿海、沪杭、沪宁等国内长途光缆系统，以及国内卫星通信地球站，是中美、亚欧、亚太、环球、中日、中韩等国际大容量海底光缆、陆地光缆系统的重要节点，并建有太平洋、印度洋卫星地球站。

新冠疫情期间，在线教育、在线医疗、远程办公、网络购物、电商直播、短视频业务蓬勃发展，互联网数据量大幅攀升。到2020年底，全国网民数超过9亿，互联网普及率高达70.4%，对骨干网国际出口的带宽、可靠性提出了更高的要求。

中国电信上海国际出口节点设备升级

当前中国电信上海国际出口节点网络设备老旧，设备资源紧张，带宽问题成为制约互联网国际业务发展以及影响公众互联网国际访问体验的主要因素。作为中国电信的主要合作伙伴，中兴通讯在中国电信上海国际网络出口节点新增两台国际出口路由器ZXR10 T8000-18，通过与新平面C节点互联，分担国际流量压力，完成163新平面能力的完整交付，满足中国电信至2021年底的业务带宽需求，并支持插卡扩容满足后续流量新增需求。

未来上海节点的国际出口流量将全部切换至新平面，老平面将逐步退网，新平面将完全承担

朱梦琪
中兴通讯承载网IPN产品主管

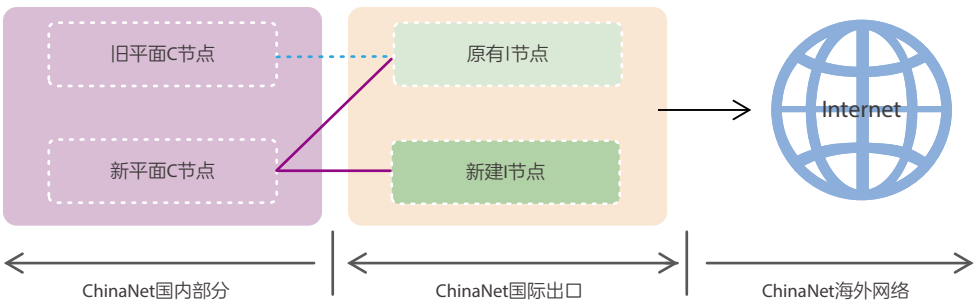


图1 中国电信上海国际出口节点建设网络架构

原有国际流量及新增国际流量。此次中兴通讯新增的两台国际出口路由器ZXR10 T8000-18为未来新老平面的流量切换打下了良好基础。

完善的网络设计

新建上海国际出口“I”节点需要完善的网络解决方案，包括路由设计、IP地址规划、流分类和流量调度等。

中国电信上海国际出口节点建设网络架构如图1所示。为保证通往国内和国际方向流量的可靠性，新建“I”节点ZXR10 T8000-18设备与“C”设备采用多端口互联，实现负载分担，将设备发生链路故障的概率降到最低。各节点或链路故障时，可通过路由收敛快速完成故障倒换，提升了链路的可靠性。

在流量分类和调度等方面，I节点继承ChinaNet网络中的流分类规则，根据IPP（IP Precedence）值和DSCP（Differentiated Services Code Point）值划分业务等级，不同业务等级具有不同的流分类规则，在网络资源有限的情况下，首先保证高优先级业务流量。与此同时，ZXR10 T8000-18设备开启双栈，同时支持IPv4和IPv6业务，实现IPv4与IPv6共存期的应用互访和平滑演进，助力中国电信实现IPv4向IPv6的成功过渡。

大容量、高可靠的产品设计

中兴通讯ZXR10 T8000-18基于Tbit平台构建，单机可提供18个业务槽位，每槽位可提供高密度100GE端口，整机端口容量为18Tbps，满足中国电信骨干网国际出口节点大带宽需求以及逐年增长的国际流量资源需求，助力中国电信构建超宽骨干网。

ZXR10 T8000-18设备提供多重可靠保护机制：系统采用分布式架构，全部组件支持热插拔，关键部件冗余，转发、控制、管理平面分离，实现软硬件组件化和模块化。设备采用ZXIC自研芯片和ROSng自研操作系统，保障系统性安全；同时，ZXR10 T8000-18通过Netflow、Telemetry采集业务流性能数据，实现网络业务可查可视，保证中国电信网络的高可靠性。

为协助中国电信保障项目的成功交付，中兴通讯成立了专门的方案、研发和交付专家团队，制定详细的项目实施计划。在2020年新冠疫情背景下，积极做好疫情防护，稳步推进项目进展，使业务割接顺利按期达成。

ZXR10 T8000-18在中国电信上海国际出口“I”节点的成功上线，为中国电信集团公司国际出口网络发展打下了坚实基础，未来也将继续助力中国电信集团建设技术先进、安全可靠的骨干网。ZTE中兴

电信级防火墙方案，构筑5G安全城池

5G用户的流量远超过4G，5G应用的复杂度远高于4G，因此，5G网络的安全要求远远高于4G。本文将探讨部署在4G/5G核心网和Internet之间的电信级防火墙方案。

电信级防火墙部署于4G/5G核心网和Internet之间，除提供常见的网络保护功能和目前主流的虚拟化软墙功能外，还需要提供CGNAT（电信级网络地址转换）功能，以及具备大流量场景下的IP路由和LB（负载均衡）功能，满足IPv4和IPv6双栈需求，主要功能包括：

- 防火墙的基本功能（网络保护）：域间隔离策略、ACL（Access Control Lists）、状态保护、ASPF（Application Specific Packet Filter）、DoS/DDoS等；
- 虚拟化功能：按需扩展、快速部署、高性能和高可靠性等；
- IP路由和负载均衡功能：路由控制、负载均衡等；
- CGNAT功能：NAT44、NAT64、NAT44 ALG、NAT64 ALG等。

下面将重点阐述电信级防火墙基本功能外的其他三大特色功能。

史庭祥
中兴通讯CCN产品市场总监

虚拟化功能和先进的架构设计

虚拟化防火墙，即软墙，叠加先进的分离架构设计，支持虚机方式部署和容器方式部署（见图1），容器方式部署又包括独立部署和内置UPF部署两种方式。虚拟化防火墙具体有以下六大特点：

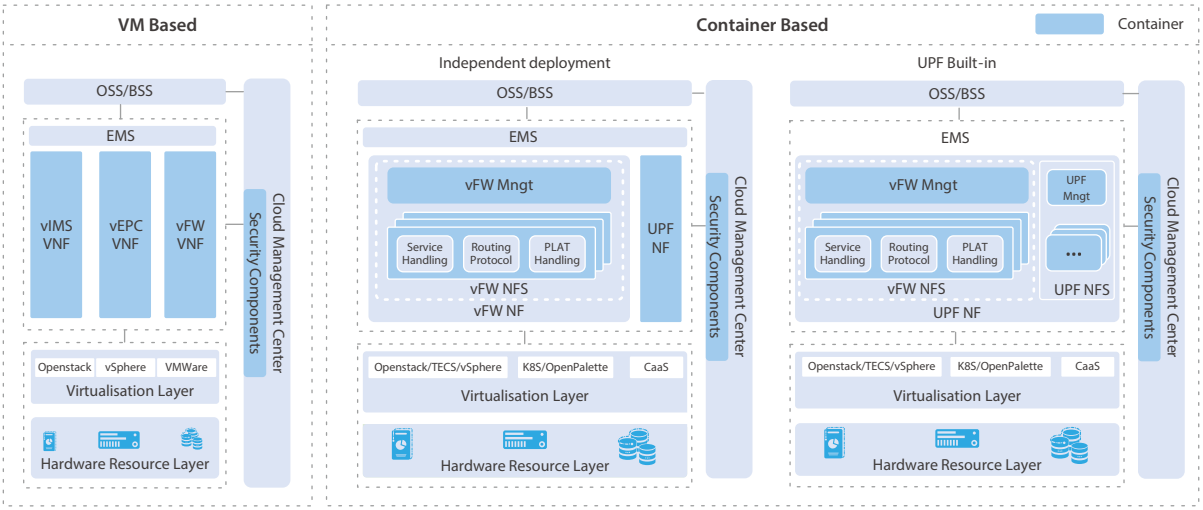


图1 5G电信级防火墙架构

- 标准ETSI架构使得快速集成成为可能；
- 丰富的网络保护功能集，包括主动预防性保护；
- 弹性和快速部署，中心化管理，可视化的安全管控；
- 电信级的平台架构，提供高性能和高可靠性；
- 多种产品形式，适合各种网络保护场景；
- 支持多种虚拟化平台，实现软硬件解耦。

因此，虚拟化防火墙特别适合小容量局点，不仅具有占用资源少、部署灵活的特点，而且拥有一般硬件防火墙不可比拟的四大优点：

- 快速集成和部署：虚拟化产品简洁配置，一键部署；
- 灵活的架构设计：中心化管理+分布式架构，控制面和媒体面分离提升性能；同时把控全局流量，既能隔离大网攻击流量（宏隔离），又能及时阻断内部威胁流量（微隔离），还可以对接安全中心接受策略；
- 高性能：支持DPDK和SRIOV等加速技术以及多种网卡；实时任务调度和控制转发分离技术，缩短包处理和传输时延，性能对齐一般防火墙；
- 高可靠：支持端口聚合、数据备份、主备容灾，实现业务快速恢复，并极大降低切换时延，可靠性优于一般防火墙。

IP路由和负载均衡

5G网络的超大流量特点显著，相应的5G核心网媒体面网元一般采用多处理模块配置，以提升吞吐量指标，这使得防火墙的现有IP路由机制不能满足需求。

为此，5G电信级防火墙方案，一方面引入包括多处理模块的LB（Load Balance）组件，实现特定的负载均衡算法，另一方面兼容NAT和非NAT两种场景。电信级防火墙采用多处理模块（FWU，Firewall Units）架构，路由机制将确保业务的请求和响应会话流量回到同一个模块处理，如图2。

- 上行路由过程

业务网元如PGW/UPF，将UE（用户终端）的业务请求流量通过默认路由发送到VR1（虚拟路由器）。PGW/UPF会把UE路由信息发布到VR1，以便响应消息返回到PGW/UPF。VR1根据路由策略将PGW/UPF的请求流量转发给LB的某一个处理模块。LB通过特定的负载均衡算法选择合适的防火墙的FWU（业务处理模块）。该算法保证同一会话的流量转发给同一个FWU。不需要NAT的业务流量，转发给VR2。对于需要NAT的业务流量，防火墙执行NAT，如NAT44、NAT64等，然后将流量转发给VR2。

- 下行路由过程

对于需要NAT的业务流量，VR2根据防火墙同步的路由信息将流量从Internet转发到相应的FWU。对于不需要NAT的业务流量，VR2将流量从Internet转发到LB，LB通过特定的负载均衡算法选择合适的FWU。FWU将流量转发至VR1，不通过LB。VR1根据PGW/UPF同步的路由信息将流

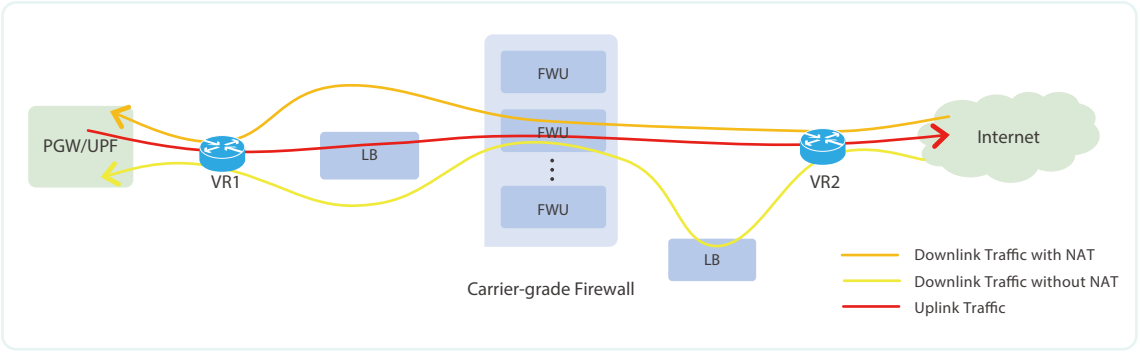


图2 电信级防火墙的路由机制 ▶

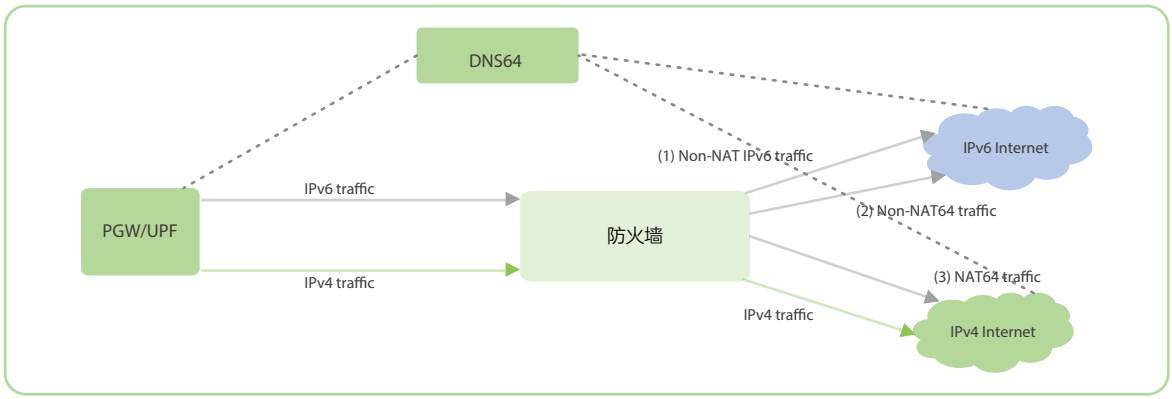


图3 NAT功能内置防火墙

量转发给PGW/UPF。

兼容多种NAT功能

移动网络给用户和网络设备分配的是“私网地址”，而直接访问Internet的设备需要配置公网地址，前者地址数和后者不配合，产生电信级的地址转换需求。为此，电信级防火墙要兼容多种NAT功能。

如图3所示，以处理IPv6流量为例，防火墙会处理成三种类别：无NAT的流量、非NAT64的流量、NAT64的流量。NAT64和非NAT64都源于NAT功能，NAT64是在IPv6的影响下从NAT功能发展而来。相应地，防火墙要提供多种NAT功能，下面介绍IPv4和IPv6双协议栈下的NAT64功能。

NAT64功能

NAT最初的设计目的是实现私有网络访问公共网络的功能，对于移动运营商网络，移动终端分配的是私有地址，而核心网访问Internet用的是公网地址。NAT44在原有NAT的特性上，支持用户溯源功能及动态端口预留方式，并实现了地址映射关系上报日志服务。

随着IPv6网络到来，NAT44不支持通过IPv6网络侧的用户发起连接访问IPv4侧的网络资源，IPv6网络不兼容IPv4网络，为此，NAT64应运而生。当然，NAT64也支持通过手工配置静态映射关系，实现IPv4网络用户主动访问IPv6网络。

NAT64是一种有状态的网络地址与协议转换技术，是IPv6和IPv4网络共存阶段使用的NAT技术，使得DNS-ALG（应用层网关）不再必要。NAT64 Router内置于防火墙，承担NAT64功能，和DNS64 Server分开部署。DNS64 Server完成pre64前缀合成IPv6地址，NAT64 Router识别pre64前缀完成NAT64转换，从而满足IPv6用户访问IPv4服务器的需求。

结束语

5G时代的电信级防火墙方案，以虚拟化产品为主打，不仅承担“网络保护”的重任，还提供IPv4和IPv6双栈下的路由和负载均衡方案，以便适应大容量和多处理模块的业务系统。此外，防火墙支持内置CGNAT多种功能，除本文介绍的NAT44和NAT64，还包括ALG（应用层网关）、源地址NAT、目的地址NAT、端口重用、端口奇偶校验等功能。

针对5G时代的大流量、高性能需求，面对复杂多变的多业务场景，电信级防火墙方案支持虚机和容器等多种虚拟化技术，并采用业务多模块架构，不仅满足防火墙的通用需求，还适合ToB等市场的小容量场景，既提供快速集成、灵活设计，又不失高性能和高可靠等特点，是构建5G安全城池的不二之选。ZTE中兴

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在