

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

总第942期 2024年4月25日 第8期

中国标准连续出版物号: ISSN 1009-1564
CN 11-4405/TP



工业和信息化部主管
人民邮电出版社有限公司主办



中国通信企业协会会刊

6G引领 开启“星”征程

轻联万物

加速推动5G RedCap商用/P4

以网络赋能算力

构建智算时代新型基础设施/P33

“后 400G”全光网技术创新
及演进/P36

ISSN 1009-1564



08>

9 771009 156241

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

观察·研究·批评·推介

产业发展的**推动者**

寻产业足迹

探企业风云

瞰时代变迁



通信世界全媒体

中国互联网的未來 在万物互联

半月谈

刘启诚

2024年4月20日是中国全功能接入互联网30周年，也是基于TCP/IP的互联网诞生50周年纪念日。各种纪念活动纷纷举办，共同回顾中国互联网发展的辉煌历程，探讨未来的发展趋势。近日我参加了由伏羲智库和世界互联网科技馆共同举办的“致敬互联网3050”活动，在会上见到了包括钱华林在内的许多为中国互联网事业发展作出重大贡献的前辈，聆听他们讲述30年来中国互联网从无到有、从弱到强的发展历程，感触颇深。当天，中国互联网协会也组织召开了“中国互联网30周年发展座谈会——把握机遇再出发”，会上发布了《中国互联网三十年发展与变革》报告。报告认为，我国互联网30年发展以基础设施建设为核心，一方面推动互联网市场规模及用户规模快速增长，并基于“人口红利”推动互联网业务快速发展；另一方面牵引泛信息制造产业及重大科学技术创新，实现了中国互联网的“弯道超车”。

确实，前30年发展历程中的“双翼带动”模式，让中国互联网产业取得了辉煌成就，甚至可以毫不夸张地说，经过30年的发展，如今中国的互联网应用领先于全球。

我们回顾过去，是为了将来更好地发展。中国互联网产业取得成功的原因，既有国际互联网技术创新的支持，又离不开国内产业各方的自我奋斗。首先，我们建设了强大的、广泛的网络基础设施，无论是固网宽带还是移动通信网络，都为互联网产业的繁荣打下了坚实基础；其次，我们有一批敢于创新、勇于实践的互联网人才，正是他们百折不挠的奋斗，造就了众多互联网巨头；最后我们有

庞大的用户市场，这是世界其他国家无法比拟的优势。当然，中国互联网产业的发展壮大，还离不开强有力的政策引导和相对宽容的监管环境。

凡是过往，皆为序章。过去的30年，我们创造了辉煌，但未来才是我们需要考虑的关键。今天的成功为下一代互联网发展奠定基础，但未来向哪里发展，我们的探索才刚刚起步。特别是随着人工智能进入“大爆发”的前夜，中国的互联网也迎来了一个关键的时刻。

如果说过去的30年，我们借助国际的技术力量，充分发挥了自身优势，从而一举成功；那么未来的30年，中国互联网的发展方向是什么？在“中国互联网30周年发展座谈会”上，谈及中国互联网如何把握机遇再出发，许多专家给出的答案是：必须以科学技术创新突破为目标，再创辉煌。

但如何进行技术创新？我们的着力点在哪里？今年1月，国家数据局会同中央网信办、科技部、工业和信息化部等17部门联合印发的《“数据要素×”三年行动计划（2024—2026年）》，提出一个引人瞩目的概念——“数据要素×”，表示要大力部署实施“数据要素×”行动，并列出的12个领域，要求充分利用中国海量数据资源、丰富应用场景等优势，以数据流引领技术流、人才流、物资流等，实现知识扩散、价值倍增，催生新产业、新模式，为推动高质量发展、推进中国式现代化提供有力支撑。

答案就在这里。过去的30年，互联网以“人”为本；未来的30年，互联网以“数”为本，万物互联，创造一个更为广阔的世界。

CONTENTS 目录

观察 Observation

- 04 轻联万物, 加速推动5G RedCap商用
- 05 互联互通标准实施, 5G消息迎来新突破

产业 Industry

- 06 工业互联网供应链网络安全防护体系研究
- 09 加快发展新质生产力的思考与建议
- 11 “手机直连卫星”产业现状及监管启示
- 14 基于IoT NTN实现卫星语音通信的关键技术研究
- 16 空地一体技术和产业探讨



P9 加快发展新质生产力的思考 与建议

广告目录

封二 通信世界形象广告
封底 2024世界电信和信息社会日大会广告



P20 “手机直连卫星”背景下 移动与卫星运营商的关系和定位

- 20 “手机直连卫星”背景下移动
与卫星运营商的关系和定位
- 22 爱瑞无线: AI、卫星互联网浪潮奔涌
催生小基站新机遇
- 23 普天科技孟新予: 小基站走向定制化
国产化与空地一体化
- 24 推动数据基础设施建设, 加快产业转型升级
- 26 流量新政下CDN行业发展趋势分析
- 30 智慧城市在县域级中的应用研究

技术 Technology

- 33 以网络赋能算力, 构建智算时代新型基础设施
- 36 “后400G”全光网技术创新及演进
- 39 基于OXC技术的超级光放站
在Y省省干OTN系统的应用
- 42 应用于数据中心运维管理的
BIM轻量化技术
- 45 基于“零信任”理念的云安全防护策略研究
- 49 容联云联手Genesys启动中国区伙伴云计划



主管：工业和信息化部

主办：人民邮电出版社有限公司

出版：北京信通传媒有限责任公司

编辑：《通信世界》编辑部

总编辑：刘启诚

副总经理：张鹏

执行主编：舒文琼

采编部：王涛 甄清岚 梅雅鑫 王禹蓉 孙天

程琳琳 朱文凤 王鹤迦 包建羽 盖贝贝

美术编辑：杨斯涵 李曼 张航

持证记者：刘启诚 刁兴玲 程琳琳 甄清岚 郑勇志 王禹蓉

梁海滨 牛晓敏

（国家新闻出版署举报电话：010-83138953）

市场部：申晴 孟月 姜蓓蓓 沈新竹 刘适之 曹俊英

尹源

工联网：郑勇志 刘艳玲 胡锦明

视频编辑：林嵩 黄杨洋 卢瑞旭

技术支持：伍朝晖

通信地址：北京市丰台区顺八条1号院2号楼北阳晨光大厦3层

邮编：100079

编辑部：+86-10-52266521

营销部：+86-10-52266541

+86-10-52265997

发行部：+86-10-52265707

通信世界网网址

Website：www.cww.net.cn

投稿邮箱：cww@bjxintong.com.cn

中国标准连续出版物号：ISSN 1009-1564
CN 11-4405/TP

出版日期：2024年4月25日

承印单位：涿州市荣升新创印刷有限公司

定价：20.00元

编委会

编委会名誉主任

郭浩 中国通信企业协会会长

编委会主任

顾昶 中国工信出版传媒集团总经理

编委会副主任

赵中新 中国通信企业协会副会长兼秘书长

赵晨阳 中国工信出版传媒集团副总经理

编委会委员

蒋林涛 中国信息通信研究院科技委主任

余晓晖 中国信息通信研究院院长

鲁春丛 中国工业互联网研究院院长

李长海 中国工信出版传媒集团原总经理助理

沈少艾 中国电信科技创新部顾问

张成良 中国电信研究院院长

马红兵 中国联通科技创新部总经理

黄宇红 中国移动研究院院长

唐雄燕 中国联通研究院副院长

高鹏 中国移动设计院副院长兼总工程师

窦笠 中国铁塔股份有限公司技术部总经理

杨骅 TD产业联盟秘书长

吕廷杰 北京邮电大学教授

梁海滨 北京信通传媒有限责任公司副总经理

刘启诚 通信世界全媒体总编辑

陈山枝 中国信科集团副总经理

法律顾问：北京市蓝石律师事务所

发行范围：公开发行

国内发行：中国邮政集团公司北京市报刊发行局

订购处：全国各地邮局 邮发代号：82-659

国外发行：中国国际图书贸易集团有限公司（北京399信箱）

国外发行代号：T1663

广告发布登记：京东市监广登字20170149号

本刊声明

- 《通信世界》授权信通传媒旗下通信世界网为本刊唯一网络发布平台，本刊所有内容将在通信世界网上同时刊登，本刊文章可能由通信世界网向其他合作网站免费提供。向本刊投稿的作者，均应同意上述条件，如不同意请在来稿中特别注明。
- 本刊寄发给作者的稿酬，已含其作品发表在本刊网站及电子版上的稿酬。
- 向本刊投稿的作者应同意授权本刊可以依法维护其著作权等权利。
- 未经本刊书面同意，不得以任何形式转载、使用本刊所刊登的文章及图片。

轻联万物 加速推动5G RedCap商用

仇剑书

近日，工业和信息化部（以下简称“工信部”）印发了《关于开展2024年度5G轻量化（RedCap）贯通行动的通知》。这是继2023年10月印发《关于推进5G轻量化（RedCap）技术演进和应用创新发展的通知》之后，工信部为推动5G RedCap的商业化进程出台的又一份重要文件。去年的通知以2025年为目标结点，提出RedCap技术研究和产业化发展的要求。本次通知则以分年度落实上个通知内容为目的，具体提出2024年的重点工作和发展目标，要求9月份完成行标制定，年底前完成超100个地级市城区连续覆盖，围绕工业网关、摄像头、AGV等推出超100款5G RedCap终端产品。新发布的通知将进一步加速构建5G RedCap产业生态，为我国5G技术的全面发展注入新动力。

作为专为物联网应用定义的5G技术规格，RedCap技术具备5G特有的大上行、低时延、高可靠等重要特性。在诸如配电自动化、配网差动保护等业务中应用，可实现配电网运行状态的实时感知，将故障处理及恢复时间缩短至分钟级，大幅提升供电可靠性。如2024年2月，在MWC 2024大会期间，GSMA将全球移动大奖——“最佳专用网络解决方案奖”授予由中国联通、国家电网、华为和鼎桥四方联合在山东打造的普惠5G智慧电网解决方案。该方案采用的5G RedCap技术，可为电力业务提供广覆盖、高安全、低成本、易部署的连接，有望降低60%的电力终端成本。

在智慧电网中的成功应用是5G RedCap技术开始在经济主战场发挥作用的一个缩影，是5G物联发展的一个重要里程碑，同时也标志着5G RedCap正在步入大规模部署阶段。

2023年10月工信部发文以来，5G RedCap的商用化进

程明显提速，2024年将成为绽放之年——分别由信通院、博鼎实华、中国联通牵头制定的3项行业标准已进入最后冲刺阶段，电信运营商也已启动网络先行进程。4月11日，中国联通与中国电信联合宣布建成首个全省域的5G RedCap共建共享网络，完成广东全域“3.5GHz+2.1GHz”共12万个基站的RedCap功能开通，形成广域连续覆盖。此前中国移动已宣布支持RedCap的5G基站总规模超10万个，覆盖全国52个城市，实现城区连续覆盖。在网络建设积极推进的同时，RedCap应用也在不断深化。如广东联通已完成在佛山美的、海天调味等多处工业场景的RedCap商用试点，全面推动RedCap嵌入行业终端设备。在车联、视联等广域联网场景，浙江大华推出的支持RedCap联网的无线摄像头已应用于杭州亚运会，以广汽、比亚迪为代表的车企开始推动RedCap“上车”，提升车辆智慧化水平。

发展5G物联是落实以“三化三性”为特征的新型工业化的重要工作，是落实国家战略性新兴产业的一项具体任务和深化《5G应用“扬帆”行动计划（2021—2023年）》的一项关键任务。

自2019年5G商用以来，我国5G发展引领全球，建成了全球规模最大、技术最先进、创新应用最多的5G网络。5G手机出货量占比已经超过80%，消费者基本实现了通信转型升级。消费应用的有效增长为5G物联奠定了坚实基础。当前，移动通信行业已经进入“物超人”时代。2023年8月末国内移动物联网连接数已达21.77亿，“物”连接占比提升至55.9%。随着RedCap的商用，物联领域的4G转5G有望正式启动，开始进入物联5G时代，整个产业都将迎来巨大发展机遇。（作者来自中国联通研究院）

互联互通标准实施 5G消息迎来新突破

马继华

在数字经济时代，互联互通才能保证不同信息服务平台之间的无缝衔接，也才能让各种智能设备联动并发挥最大效益。日前，工业和信息化部发布了《5G消息不同运营商业务互通总体技术要求》，并将于2024年7月1日开始实施，为5G业务的进一步发展扫清障碍。

据了解，该技术标准规定了不同运营商网间5G消息业务的互通架构、互通点及路由组织、互通功能、互通协议、安全和网间结算等要求，当运营商因网络或业务升级引入新消息类型时，应按已有技术标准要求在互通网关进行相应处理，保障互通业务不受影响，在与其他运营商协商一致的情况下，可同步进行网络升级，支持新消息类型。

5G消息作为传统短信息业务的升级，一直被运营商寄予厚望。5G消息是基于GSMA RCS UP 2.4标准构建，以短信为入口，手机号码即为用户ID，通过引入MaaP技术实现行业消息的交互化、多媒体化、轻量化。5G消息业务在保持用户原有通信习惯并充分继承电信业务的码号体系实名制安全性、互联互通和电信级服务质量的基础上，以终端原生方式升级短信服务。5G消息业务融合多种媒体和消息格式，可无缝与传统短信融合，并利用人工智能、云计算和大数据等能力，为用户提供高效的智能服务，满足用户日益丰富的信息沟通需求和多样化的服务需求。

在通信产业的发展过程中，互联网催生了大量的国民级应用，曾经作为人际交流重要通道的“点对点”短信被替代，运营商越来越退守“管道化”服务赛道，不仅失去了大多数终端用户的应用界面，还在政企与用户之间沟通的信息桥梁服务通道中日渐萎缩，急需通过科技创新走出一条新路。

在社会价值层面，随着数字化技术的不断进步，全社

会对信息沟通的多样性、丰富性、互动性、自主性都有了更强的需求，无论是传统的短信，还是互联网社交应用，都越来越难以满足新智能化时代的需求，而5G消息在这方面拥有得天独厚的优势。

在智能时代，人与人、人与物、物与物之间实现数字化大连接，不同产品、不同应用以及不同厂商之间具有强烈的信息沟通需求，互联互通几乎是所有信息业务的必然要求，也是5G消息能否成功的关键。

5G消息蕴含着信息服务模式演进迭代的重要契机，而要抓住这样的机会，就需要包括三大运营商在内的所有通信产业参与方高度合作，实现高度的互联互通，行业合作伙伴共同建立一个标准、开放、共赢的生态体系，让所有用户均可享受到一致的业务体验。

早在5G运营初期的2020年4月8日，5G消息业务就隆重发布，而且这款新产品由3大运营商、9家手机厂商和2家生态合作伙伴联合发布，如此“兴师动众”且协同一致，在通信产业业务发展上史无前例。

在5G消息发布之后，各家运营商不断推陈出新，完善5G消息的应用能力，工信部也一直在推动5G消息的发展。在2023年7月19日，工信部发布《关于加强端网协同助力5G消息规模发展的通知》，要求在六个月过渡期结束之后，手机生产企业新申请进网许可的5G手机须支持5G消息。

因此，在5G消息发展过程中，互联互通具有前期的充分技术准备和行动安排，这次发布的《5G消息不同运营商业务互通总体技术要求》是水到渠成的结果，将为5G应用的开发创新带来巨大的推动力，也与未来“AI+业务”发展的需要相适应，更是数字商业时代合作共赢的商业模式新探索。（作者为通信行业资深分析师）



聚力新型工业化



工业互联网供应链 网络安全防护体系研究

■ 中国信息通信研究院 章永春 柯皓仁 李艺
中衡特尔维检测技术(北京)有限公司 蔡丽丽

随着新型工业化步伐加快、网络强国和制造强国建设扎实推进,网络化、数字化、智能化成为工业企业转型升级的重要方向。近年来,我国通过出台工业互联网顶层设计并持续推动政策法规落地实施,助力工业企业联网率逐步攀升。工业互联网通过“人、机、物”互联,推动工业经济实现全要素、全产业链、全价值链的网络化连接,构建新型工业生产制造

服务体系,助推制造业实现高质量发展。提升工业互联网供应链安全水平和自主可控能力,是供应链上下游健康发展的基础,也是护航新型工业化的重要因素。本文介绍了工业互联网供应链攻击和风险要素,建议从工业互联网供应链生命周期安全防护、供应商和服务商管理、制度建设和人员管理三方面加强工业互联网供应链安全防护体系建设。

工业互联网供应链安全分析

我国工业企业涉及行业众多,工业互联网平台企业不断涌现,规上工业企业借助工业互联网提质增效的意图明显,但信息和安全类企业还未达到国际先进水平,工业互联网供应链仍面临较大的网络安全风险,一旦供应链上的节点被攻击,供应链上的相关企业(如固件、组件、软件、系统的使用企业和平

台企业)将面临巨大威胁。

工业互联网供应链

工业互联网供应链是为满足供应方和需求方之间的供需关系,通过资源将双方相互连接的网链结构,可将工业互联网产品或服务提供给需求方。工业互联网供应链产品包括固件、组件、软件和系统,例如工业主机中的固件、SCADA(数据采集与监视控制系统)、工业APP、MES(生产执行系统)等。工业互联网供应链服务包括云服务、运维服务等,例如公有云平台、运维平台等。

工业互联网供应链攻击

工业互联网供应链攻击是指攻击者利用工业互联网相关企业(包括应用工业互联网的企业、平台企业或标识解析企业)供应链体系的薄弱环节,向整个供应链传播恶意代码或攻击企业的基础设施,从而破坏或窃取相关企业的敏感数据。不同于传统的网络“钓鱼”和社会工程学攻击,工业互联网供应链遭到攻击将导致整个供应链被注入恶意代码,影响该企业甚至上下游多个企业的生产和运营。

工业互联网供应链安全风险识别

从企业角度看,工业互联网供应链面临的风险主要来自产品及服务的生命周期、采购、运营三个层面。

产品及服务的生命周期风险,即企业在设计、开发、测试、使用、运维、废止软件或系统,以及接入平台过程中引入的网络安全风险。2021年12月,Apache Log4j被曝存在远程代码执行漏洞。作为一款开源日志组件,Log4j被众多Java框架广泛采用,其漏洞的影响范围涉及所有使用该组件的软件。

采购风险,即企业采购的产品或服务带有漏洞、恶意代码或“后门”,攻击

者将产品或服务作为跳板进行网络攻击或窃取数据,为整个工业互联网供应链带来风险。2018年台积电发生一起生产线感染WannaCry(一种“蠕虫式”的勒索病毒软件)病毒变种的事件。这个事件的起因是一批新接入生产线的计算机带有病毒,上游设备供应商未对计算机进行严格的安全检查和病毒扫描,同时台积电也未对新上线的设备进行严格的安全检查和病毒扫描,从而导致了安全事故,这给台积电的生产和声誉造成了重大损失。

运营风险,即企业在实际运作过程中,因管理机制有所缺失或不完善,导致风险识别、处置和防范等工作不到位所引发的风险。2022年3月,网络安全企业Okta透露,一家供应商(Sitel)遭到攻击,导致公司部分数据被窃取。后续的调查显示,这家供应商的一名员工通过其个人笔记本电脑为用户提供服务,人员及设备的管理不当对供应链安全造成了重大影响。

工业互联网供应链安全防护体系

当前,软件供应链和ICT(信息与通信技术)供应链相关的安全防护研究较多。相比软件供应链,工业互联网供应链资产要素多、行业应用场景多样;相比ICT供应链,工业互联网供应链实际运作更为复杂、供应商网络安全管理能力偏弱。因此,在参考软件和ICT供应链安全的基础上,企业要锚定风险点,从工业互联网供应链生命周期安全防护、供应商和服务商管理、制度建设和人员管理三方面加强工业互联网供应链安全防护体系建设。

工业互联网供应链生命周期安全防护

针对产品及服务的生命周期风险,

企业应根据自研产品的不同阶段、使用代码的不同来源、服务的接入情况,采取适宜的安全防护手段。

对于自研软件和系统,企业在设计阶段,根据行业典型场景及企业实际运作需要进行安全需求分析,采用安全的架构和设计模型,确定身份鉴别与访问控制机制;在开发阶段,根据安全的编码规范,在安全的编译环境下,使用安全的编码工具,防止生成缺陷代码,导致出现漏洞、恶意代码或“后门”;在测试阶段,使用安全的代码审计工具、漏洞扫描工具、渗透测试工具进行代码分析和漏洞扫描,及时发现代码缺陷、逻辑问题以及漏洞;在使用阶段,根据安全设计进行安全配置,确认基于业务、角色和权限的身份鉴别及访问控制机制,定期或在发生信息安全事件时进行病毒查杀及漏洞扫描,发现安全隐患后及时进行维护;在运维阶段,确保在安全的前提下,按照实际需要进行产品升级、漏洞修复或安全加固,完成后开展相应的安全性测试、完整性校验;在废止阶段,按照废止处理流程进行数据处理、软件移除及系统停用,对代码和数据进行处理和保护。

对于开源组件、软件和系统,企业在对其来源进行评审并确定安全可靠的前提下,无需考虑设计安全和开发安全,其他生命周期安全防护与自研软件和系统的安全防护流程一致。

对于采购组件、软件和系统,企业应通过合同或者协议对供应商进行约束,要求供应商及时进行产品升级、安全异常提醒和安全维护。若供应商已中断维护服务,企业应自发定期进行漏洞扫描和渗透测试,并关注所使用组件、软件和系统的网络安全事件和漏洞发布情况,发现漏洞后自发或通过第三方服务商进行产品升级、漏洞修复及安全加固。

对于采购硬件中的固件,企业同样要通过合同或者协议对供应商进行约束,要求供应商及时进行安全异常提醒和安全维护。若供应商已中断维护服务,企业应自发定期进行漏洞扫描,并关注固件相关网络安全事件的发布情况,必要时自发或通过第三方服务商进行固件漏洞修复或提升固件的安全能力。

对于接入的平台,企业要通过配置核查,确保身份鉴别、访问控制、传输安全和接口防护符合自身安全要求。

供应商和服务商管理

针对采购风险,为加强对供应商和服务商的供应链安全管理,应用工业互联网的企业、平台企业或标识解析企业可建立供应商和服务商名录并进行维护,在采购产品和服务前对供应商和服务商进行初评并定期进行复评,评定内容包括但不限于中断供应的可能性、企业网络安全建设能力、网络安全事件响应能力、一级供应商对二级供应商的网络安全约束能力等,确保供应商和服务商所提供的产品和服务具有网络安全防护和事件处置能力。同时,基于华为被断供的前车之鉴,企业可优先选取国内的供应商和服务商,通过多元化方式避免断供造成的网络安全损失。企业可在合同或协议中对所采购的产品和服务进行约束,一旦遭到供应链攻击

相关的网络安全事件,供应商或服务商要及时响应并处置,包括及时告知新发现漏洞、修复漏洞、软件或系统升级等。对于工业互联网平台企业,还应考虑接口安全,设置双向的身份鉴别和访问控制,避免攻击者对平台本身及接入平台企业进行非法访问造成的数据篡改和窃取。

制度建设和人员管理

针对运营风险,企业可以从制度建设和人员管理两方面进行规范化管理,形成有效保护供应链安全的机制。

在制度建设方面,企业根据自身行业和业务特点形成符合自身要求的管理制度,包括但不限于配置管理、资产管理、采购管理、运维管理、人员管理等。由于工业互联网供应链涉及固件、组件、软件和系统,企业在梳理资产的基础上可形成基于组件的物料清单和构成图谱,并定期对其进行维护,一旦发生变化,及时验证其完整性和安全性。企业也可形成基于代码、组件、软件、系统清单的源代码库和漏洞库,并进行维护。同时,企业基于审计、数据备份及恢复,制定针对供应链安全的应急预案并定期进行演练,以便在遭到攻击后迅速响应。最后,企业定期对供应链安全进行风险识别和评估,确定相应的风险级别,通过审批进行风险处置。

在人员管理方面,首先要完善人员

能力,对工业互联网供应链安全相关的技术操作人员、软件开发测试人员和网络安全管理人员等进行供应链安全和制度相关的技术、管理培训,使其具备供应链要素识别、风险管理、安全配置和漏洞处理等能力,并能意识到工业互联网供应链安全对于企业的重要性,避免进行误操作。其次是强化员工道德约束,依据角色划分权限确定员工职责,制定员工违规行为的惩戒措施,必要时签订协议并设置“AB角色”,保障企业免于社会工程学攻击。对于重要工业企业和工业互联网平台企业,可配置供应链安全保障团队,对人员背景进行调查,确保员工能够应对供应链安全突发事件,具备安全事件分析和应急处置能力。

结语

我国坚持工业互联网发展与安全并重,供应链安全是工业互联网健康发展的重要保障。本文基于工业互联网供应链资产要素及企业类型,提出建设、采购和日常管理三个层面的风险。针对三个层面的风险,构建工业互联网供应链安全防护体系。后续,随着卫星通信、区块链、大数据、人工智能等新技术的不断发展和应用,工业互联网供应链安全防护体系也应在政策指导、指南要求及事件驱动下不断更新。🔗





加快发展新质生产力的 思考与建议

■ 中国电信研究院 胡世良

新质生产力自2023年9月被首次提出后,便成为中国经济热词。2023年12月召开的中央经济工作会议指出,要以科技创新推动产业创新,特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能,发展新质生产力。2024年《政府工作报告》提出,大力推进现代化产业体系建设,加快发展新质生产力。电信运营商要加快建设成为“世界一流科技型企业”,就必须实施创新驱动发展战略,强化科技创新,提升企业核心竞争力,加快发展新质生产力。

履行社会责任就是最大化发展新质生产力

新质生产力由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生,以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的跃升为基本内涵,以全要素生产率大幅提升为核心标志,特点是创新,关键在于质优,本质是先进生产力。

我国电信运营商作为特大型国有企业,履行社会责任是党和人民赋予的重要使命和任务。电信运营商高标准履

行社会责任就是更好地服务国家战略,坚定履行建设网络强国和数字中国、维护网信安全的职责使命,运用先进数字化技术改善民生、缩小“数字鸿沟”、赋能经济社会数字化转型。履行好企业社会责任客观要求我国电信运营商把握新一轮科技革命和产业变革的新机遇,加强数字信息基础设施建设、加快战略性新兴产业和未来产业发展、强化科技创新、推动数实深度融合、促进融合应用创新、深化企业改革,切实推动企业高质量发展。

从加快发展新质生产力的内在要求来看,电信运营商应从强化科技创新、加快发展战略性新兴产业、推进数实深度融合、深化企业改革、打造适应新质生产力发展的高水平人才队伍等方面系统推进。显然,加快发展新质生产力与切实履行好社会责任有异曲同工之处,两者方向一致、目标一致、要求一致。这意味着,电信运营商加快发展新质生产力的首要任务就是要切实履行好中央企业的社会责任,高标准、高要求履行好企业社会责任就是最大化发展新质生产力。

把握加快发展新质生产力的核心要素

从2023年在黑龙江考察调研期间首提新质生产力,到在中央经济工作会议上强调发展新质生产力,到中央政治局第十一次集体学习时作出系统阐述,再到今年全国两会期间强调“因地制宜”发展新质生产力,习近平总书记关于新质生产力的一系列重要论述,为加快发展新质生产力提供了科学指引。对于我国电信运营商来说,要切实把握发展新质生产力的核心要义,更好地发挥央企在加快发展新质生产力中的“国家队”作用。

一是着力推进科技创新。新质生产力的核心是科技创新,这就要求电信运营商聚力科技创新,特别是颠覆性、原创性的技术创新,在AI(人工智能)、6G、网络安全、量子通信、大数据等领域持续加大研发投入。同时,电信运营商不仅要重视应用型研究,更要发展原创性、基础性、交叉性研究,制定关键核心技术攻关清单,集中力量,汇聚创新要素,推动“政产学研”协同发力,打好技术“攻坚战”,把关键核心技术牢牢掌握在自己手中,力争在打造有影响力

的科创平台、取得重大科技创新成果等方面取得更大突破。

二是大力推动产业创新。新质生产力的载体是产业,这就要求电信运营商必须坚持以科技创新推动产业创新,引领产业发展。一方面,电信运营商要加快发展战略性新兴产业,提前布局未来产业,全力推动云计算、AI、5G/6G、量子通信、网络安全、数字平台等“战新”业务发展,抢占新“赛道”,提升企业核心竞争力,增强“战新”业务发展新动能。另一方面,电信运营商要大力推进数实融合,加快数字信息基础设施建设,充分发挥云网融合以及以5G、AI为代表的新一代数字技术融合发展的优势,大力推动新型工业化,深入推进“AI+”行动,以融合应用场景创新推动数据要素、数字技术与实体经济实现全流程、全过程、全生命周期的深度融合,助力传统产业数字化转型。

三是全面深化企业改革。新质生产力的重要保障是改革创新,从生产力和生产关系规律来看,加快发展新质生产力需要建立与之适应的新型生产关系,以新型生产关系赋能新质生产力,这客观要求电信运营商切实贯彻国有企业改革深化提升行动,全面深化企业改革,推动体制机制改革向纵深发展,切实打通制约科技创新的堵点、卡点,不断激发干部员工的创新活力。

四是打造高水平人才队伍。发展新质生产力,关键靠人才,特别是用好人才“第一资源”。聚焦AI、网络安全、6G、云计算、量子通信等重点领域,面向全球,加快引进行业顶级专家和科技领军人才,打造一批以科技领军人才为主导的强大创新团队。同时,要进一步提高研发人员占比,高度重视高端人才的培养工作,建立人才梯队,打造人才团队,进一步完善人才激励政策,不断吸引和留住高端人才。

加快发展新质生产力的三大原则

习近平总书记关于新质生产力的一系列重要论述,为电信运营商加快发展新质生产力指明了方向。为更好地推动新质生产力发展,电信运营商在实践中应坚持以下三大原则。

一是坚持战略引领。发展新质生产力是一项长期工程、系统工程,不仅需要实践探索,更需要科学谋划、统筹兼顾,这客观要求电信运营商根据国家关于加快发展新质生产力的战略要求,结合企业发展实际以及国内外市场环境的变化,加快研究制定企业发展新质生产力的指导意见,系统谋划、明确方向、整体推进,努力为加快发展新质生产力贡献“运营商方案”。

二是坚持“有所为有所不为”。当前,加快发展新质生产力为电信运营商带来了全新的机遇,但电信运营商不能什么都做,要坚持“有所为有所不为”,找准发展新质生产力的着力点,如此才能集中优势力量,实现跨越式突破、创新性发展。“有所为”就是要在数字经济主航道,在有利于提升企业核心竞争力、有利于满足用户数字化应用需求、有利于激发干部员工创新活力等方面多做工作,而且要做好、做精、做优、做强、做大。“有所不为”就是要在机遇面前学会舍弃,善于发挥合作伙伴的优势,积极支持和赋能合作伙伴,共同为用户创造价值。

三是探索符合企业自身特色的发展模式。发展新质生产力不能简单套用单一模式,要避免千篇一律、“眉毛胡子一把抓”和同质化发展。这客观要求电信运营商摆脱固化思维和路径依赖,不能说空话、喊口号,更不能照搬照抄,而是要结合企业自身实际,坚持以创新为引领,坚持问题导向和需求导向,努力探索适应新质生产力发展的新模式,以发展新质生产力更好地赋能经济社会数字化转型。CW

编者按

空地融合将空中通信与地面通信进行有机结合,以实现广泛的网络覆盖和高效的数据传输,具有广阔的发展前景和巨大的应用潜力。近年来,商业航天的兴起、星载技术的发展,以及卫星制造和发射成本的大幅降低,为空地融合注入了新的活力。6G空地一体化无线泛在愿景的清晰、ITU关于“手机直连卫星”频率规划的提出,明确了空地融合产业方向。为探索空地融合的现状、机遇、挑战和未来,《通信世界》特策划“6G引领,开启‘星’征程”专题报道,以期产业发展建言献策。

“手机直连卫星” 产业现状及监管启示

■ 中国信通院博鼎实华 金舰 季红妍 王宇坤

近几年,由于5G手机销售增长乏力,消费级手机市场亟需新的技术热点引领,自华为、苹果等公司相继推出具备卫星通信功能的手机之后,越来越多的企业关注到卫星通信蕴藏的市场价值,争相加入“手机直连卫星”的市场竞争。MWC 2024(2024年世界移动通信大会)结束之后,卫星通信领域备受瞩目,多家运营商、芯片及终端厂商推出了自己的卫星通信产品。然而,鉴于卫星通信天然不受环境限制的特点,其在带来便利通信服务的同时,也给国家监管信息安全和网络互联互通带来了新的风险和挑战。

“手机直连”打开卫星 互联网民用市场空间

以前提到“手机直连卫星”业务,多指为专业的卫星移动通信终端提供语音或短消息服务。随着全时、全域个

人通信需求的不断增加,产业界目前已经达成共识:基于地面蜂窝移动通信技术的手机支持“直连卫星”技术将成为下一代移动通信发展的重要方向之一。2024年“手机直连卫星”技术已成为国内外市场重点关注和竞争的热点,预计未来“手机直连卫星”功能将成为消费级智能手机的标配。

智能手机企业加速转战卫星通信领域

智能手机企业转战卫星通信领域,本质上是希望在用户网络需求饱和、换机周期延长和行业整体创新节奏放缓的大背景下,找到新的差异化卖点,抢占市场份额。

自华为Mate50系列手机、苹果iPhone 14系列手机发布后,以华为和苹果为代表的国内外手机企业采用各种技术加速推出“手机直连卫星”服务,例如通过连接已经组网运行的卫星系统,

在手机终端加装符合卫星通信协议的基带、射频芯片和天线,实现“手机直连卫星”服务,从短消息到语音通信,满足用户在无地面蜂窝网络覆盖区域的应急通信需求。

国内智能手机企业:自华为公司于2023年8月29日发布全球第一款支持卫星通话的主流智能手机——华为Mate60 Pro之后,从终端厂商到运营商再到卫星产业上下游企业均积极投入,抢占产业“高地”。2024年2月22日,小米发布Xiaomi 14 Ultra,该手机支持双向卫星通信功能,包含实时语音、双向短信业务,并实现了特定情况下的全球通信覆盖。无独有偶,荣耀也在今年年初发布了支持卫星通话的荣耀Magic6 Pro,后续OPPO、vivo等厂商也将在顶配旗舰产品上搭载这一功能。

国外智能手机企业:国内“手机直

连卫星”业务发展如火如荼，国外智能手机企业也在加紧推出自己的产品。摩托罗拉在MWC 2023（2023年世界移动通信大会）上推出了一款名为Defy Satellite Link的小设备，该设备可让任何iPhone或安卓手机，通过蓝牙与卫星连接，实现双向卫星通信。2024年1月8日，美国SpaceX公司发射了一颗新的Direct to Cell卫星，该卫星使用T-Mobile频谱成功收发第一条短信，使采用地面LTE标准的手机无需改动即可以实现卫星通信功能。SpaceX公司计划在2024年实现短信服务，在2025年实现语音、数据和IoT（物联网）服务。

手机芯片厂商助力智能手机实现卫星通信

以高通、联发科为代表的手机芯片厂商相继推出支持5G NTN（非地面网络）技术的新型芯片，这些芯片采用移动卫星服务频率，可助力安卓手机或智能硬件实现“直连卫星”。

国内芯片厂商：联发科继2023年发布MT6825 5G NTN芯片组后，在MWC 2024现场又展示了新一代支持5G-A标准的NR-NTN卫星测试芯片，该芯片能通过Ku频段，搭配LEO（低轨道）卫星技术，为手机、汽车等多种终端设备提供超过100Mbit/s的宽带服务。同样在MWC 2024上，紫光展锐首颗5G IoT-NTN卫星通信SoC（系统级芯片）V8821，凭借在卫星通信前沿领域的技术创新，继获“中国芯”等国内权威奖项后，再次荣获国际权威机构GTI颁发的“移动技术创新突破奖”。

国外芯片厂商：作为全球芯片制造的头号企业，美国高通公司推出多种支持“手机直连卫星”的通信芯片解决方案，其中高通212S调制解调器符合3GPP R17标准，支持IoT-NTN协议，支持S、L频段以及Qualcomm Aware

平台，可无缝衔接地面5G网络，让用户始终保持在线。在MWC 2024上，我国海信通信携手高通公司发布了5G NTN卫星手持终端。

多条技术路线实现“手机直连卫星”

目前，“手机直连卫星”的发展路径主要包括使用卫星运营商频率和地面运营商频率两种方式，由此形成了不同的技术发展路线。

采用卫星运营商频率。使用移动卫星服务频率的“手机直连卫星”业务，可依托已经组网运行的“铱星”“全球星”“国际海事卫星”“北斗”“天通”等卫星系统，通过在手机终端上加装符合卫星通信协议的基带、射频芯片和天线，实现“手机直连卫星”功能，满足用户在无地面蜂窝网络覆盖区域的应急信息通信需求。例如苹果、华为等手机厂商已率先发售支持“直连卫星”的手机，高通、联发科等芯片厂商也相继推出支持5G NTN技术的新型芯片，助力其他安卓系统手机或智能硬件实现“直连卫星”。

采用地面运营商频率。使用地面移动网络运营商频率的“手机直连卫星”业务，则要求卫星系统采用与地面移动网络一致的通信频率，融入地面移动通信协议体制，使用户无需更换现有终端，即可实现“手机直连卫星”。例如美国SpaceX、AST SpaceMobile、Lynk Global等卫星通信企业正在建立支持“手机直连卫星”功能的低轨卫星星座，并与T-Mobile、Vodafone等地面移动运营商合作，实现落地应用。

卫星运营商与地面运营商加强合作实现共赢

随着移动终端、物联网接入卫星通信网络的需求日益增加，卫星运营商与地面运营商的合作步伐正在加快。

国内运营商：目前中国卫星网络集

团总体牵头，联合中国电信、中国移动、中国卫通、中国联通、中国信息通信研究院及博鼎实华等业内十余家相关单位，与中国通信标准化协会TC12 WG1工作组讨论通过了《基于5G的卫星互联网第1部分：总体要求》行业标准立项申请，将以地面移动通信网络技术标准、3GPP R17 NTN技术标准等为标准基线，形成包括核心网、承载网、接入网，以及操作维护系统等在内的总体技术规范。同时中国电信、中国移动、中国联通联合中国信息通信研究院、博鼎实华等单位牵头，业内十余家单位积极参与，在无线通信技术工作委员会（TC5）第60次全会上讨论通过了《基于非地面网络（NTN）的物联网窄带接入（NB-IoT）系列设备规范》（包括总体技术要求、卫星接入节点技术要求和测试方法、终端技术要求和测试方法）行业标准立项申请，将对标3GPP的R17 IoT-NTN卫星物联网窄带接入技术标准，研究制定接入网侧的完整系列行业标准。

国外运营商：国外主要推出采用地面移动网络运营商频率的“手机直连卫星”业务，通信卫星系统需采用与地面移动网络一致的通信频率，融入地面移动通信协议体制，使用户无需更换现有手机终端，即可实现“手机直连卫星”。美国SpaceX公司与地面运营商T-Mobile合作，复用T-Mobile的地面通信频率，提供基于星链卫星的直连通信服务，T-Mobile的用户将不必更换手机即可享受“手机直连卫星”服务。2023年4月，美国AST SpaceMobile宣布打通世界第一个天基蜂窝语音通话，在AST BlueWalker 3号卫星的支持下，使用三星商用智能手机Galaxy S22，利用地面运营商AT&T的Band 5（850MHz）频段，在美国德州和日本之间打通了卫星语音通话。该方案验

证了天基3GPP技术向地面超过80亿部存量手机提供应急通信的潜在服务能力。

“手机直连”技术对卫星互联网监管提出新挑战

私有卫星体制增加了监管的技术难度

作为一种新型通信方式,“手机直连卫星”通信的应用场景、业务类型、通信体制多种多样。当前,国外“手机直连卫星”通信服务普遍采用私有卫星通信体制,其信息封闭、技术保密等特点,极大增加了监管难度。从硬件角度出发,部分手机通过加装支持相关卫星体制的射频芯片、基带芯片、天线实现卫星通信服务,但这些芯片的调制方式、协议信令流程、使用频率、天线等参数均不对外公开,完全处于“黑盒”状态;从软件角度出发,哪些信息通过卫星通信传输,哪些信息采用地面蜂窝移动网络传输,由于信息封闭也无法获知。可见,从硬软件两个维度来看,“手机直连卫星”通信均存在被不法分子利用,进而危害国家安全的风险。

非法信息跨境传播威胁国家安全

目前全球主流的通信卫星根据所处轨道的不同,可分为高轨卫星和低轨卫星。两种卫星的通信方式虽有不同,但均存在非法信息经由卫星实现跨境传播的风险。

高轨卫星通信:高轨卫星的轨道是距离地面约3.6万千米的对地静止轨道,目前全球主流的高轨通信卫星大多不支持“星间链路”技术,卫星本身主要起到转发器的作用,通信链路需要经过地面信关站进行回程才能建立通信。在这种技术特点下,没有在国内正式商用的国外卫星通信服务,虽未在我国设立相应的信关站,但因为高轨卫星具有

覆盖范围广、通信距离远的特性,所以仍存在卫星信号覆盖中国境内区域,使用未经批准的相邻国家信关站实现跨境通信,进而威胁国家信息安全的风险。因此,任何全球运营的国外通信卫星,如果通信信号可以覆盖我国,则均有未经批准使用卫星互联网服务的潜在风险,其卫星通信链路不受我国监管,将严重威胁国家信息安全、国土安全。

低轨卫星通信:低轨卫星的轨道是距离地面500千米~2000千米的近地轨道,在此轨道上,地面和卫星之间的通信传输时延可达到毫秒级,更便于提供“手机直连卫星”服务。目前全球主流的商业低轨通信卫星大多计划支持或者已经支持“星间链路”技术,在这项技术的支持下,卫星通信链路不必经由服务当地的信关站进行回程通信,而是可以在任意地区的信关站进行通信链路的建立。可以说,支持“星间链路”技术的卫星通信将带来更大的潜在安全风险。

多措并举保障卫星通信信息安全与互联互通

丰富卫星互联网风险管理手段

传统卫星通信需要使用专用终端,受众范围较小,而“手机直连卫星”技术能够使大众智能手机直接支持卫星通信功能,促使卫星通信用户量激增,因此应多角度评估并完善风险管理手段。

关键技术:加快验证境外卫星技术在我国境内使用的可能性,主动掌握过境卫星的频率及轨道资源使用情况,做好频轨信息储备。积极参与有关“手机直连卫星”技术研究的国际交流会,深入研究国外卫星私有通信体制内容,实时跟进“手机直连卫星”通信的最新技术发展动向,为后续论证检测方法奠定技术基础。

检测技术:针对可能存在的非法

信息跨境传播、信息泄露等风险,对于卫星通信空间链路,开展无线电检测、信息拦截等技术手段研究,阻断非法信息跨境传播链条,防范信息安全隐患问题。对于大众智能手机,提高操作系统和软件的核查能力,通过操作系统漏洞扫描、应用软件敏感行为监控、芯片/模组“黑盒”测试、射频信号解调分析等技术手段,采用软硬件结合的方式从系统、应用、接口等方面开展检测,有效验证“非法手机直连国外卫星”的可能性。

技术标准:目前国外卫星私有通信体制不公开,我国可参考国内卫星通信体制,结合国外私有体制研究成果,规划和制定我国卫星技术标准体系,编制通用技术标准,适时开展关键技术测试验证,联合行业企业共同优化卫星技术标准内容,促进标准发布实施,夯实“产学研用”合作基础。

强化卫星互联网产业协同合作

不同于传统的卫星通信产业,“手机直连卫星”技术的引入将促进传统卫星通信产业链与蜂窝移动通信产业链结合,带来芯片、器件、天线等多个方向的技术融合。为了更好地保证我国合法的通信业务,拒绝“非法手机直连卫星”服务在我国使用,需要预先研判国外“手机直连卫星”通信可能对我国造成的影响,针对“手机直连卫星”通信全链条开展行业监管和安全威胁评估工作,加强风险管理应对策略研究。同时,协调有关部门,建立多监管部门的联合工作机制,做好企业制造、网络运营、政府监管、市场流通、用户使用各个环节的协同管理。此外,各监管部门需要做好对行业的资源许可、业务授权、设备合规等政策要求宣贯,提高卫星通信产业链上中下游企业在研制、生产、销售等环节的合法合规意识。

基于IoT NTN 实现卫星语音通信的关键技术研究

■ 中国电信股份有限公司卫星应用技术研究院 李芸 商鹏程 李彦坤 李阳 赵冬

近年来,随着商业航天的兴起,卫星制造和发射成本大幅降低,星载天线技术快速发展,为卫星通信产业注入了新的活力。同时,随着通信芯片、终端能力的提升,基于星地网络融合的公众手持终端直连卫星逐步成为现实。“手机直连卫星”具有丰富的应用场景和迫切的用户需求,特别在保障救援、紧急救助和应急通信等情况下,为用户提供保底通信保障,而实时语音通信能力是此类应用场景下的必要需求。

本文针对卫星通信系统高时延、高路径损耗及容量受限等制约实时语音通信的问题,从网络优化角度出发,提出了基于IoT NTN(基于非地面网络的物联网终端接入)技术的公众型手持终端语音能力增强解决方案。

需求和现状研究

需求概述

卫星通信具有覆盖范围广、实时性强、抗干扰能力强等特点,可在无地面网络覆盖区域或地面常规通信基础设施遭到破坏的情况下提供独立的应急通信服务。在应急救援场景下,通信双方迫切需要在短时间内建立低时延、高可靠的实时交互,因此,卫星通信的实时语音能力是必不可少的。在抢险救灾场景下,基于卫星语音通信的应急指挥调度系统具有高度灵活性,是构建国家

应急救援通信体系的基础。在户外应急场景下,大众可通过具备卫星语音通话功能的手机向外界求援。

相比于GMR(地球静止轨道移动无线电接口)等传统的卫星移动通信体制,5G NTN体制在标准演进、产业驱动、星地融合等方面具有天然优势。然而当前国内尚无可用的移动通信卫星资源,能够满足现行标准下NR NTN(基于非地面网络的5G智能终端接入)在带宽、链路预算等方面的要求,因此基于IoT NTN实现卫星语音通话功能的探索引起业界的关注。

现状和可行性分析

近年来,国内外IoT NTN应用创新快速发展。国际方面,海事卫星与联发科开展了多次基于IoT NTN技术的双向卫星通信试验,并宣布未来将联手打造智能手机、物联网设备、汽车等终端的双向卫星通信功能。国内方面,科研机构与设备制造商、卫星运营商等产业链上下游企业基于3GPP R17标准,在芯片、终端模组、网络设备等方面联合进行了多次星地融合通信试验验证,实现了IoT NTN端到端全链路技术贯通。当前IoT NTN多采用短报文和物联网业务先行模式,未来一旦支持卫星语音通信,可进一步构建基于NTN产业生态的ToC应急通信网,形成显著的商业模式竞争优势。

在5G NTN演进过程中,为满足用

户的语音通话需求,业界以IoT NTN标准体制为基础,开展了语音增强方案研究,提出三种解决方案。方案一采用多域体制融合思路,提出基于新增信令网关的语音优化解决方案,可有效减少终端与卫星的信令交互,节约卫星资源。方案二为基于Web-RTC(源自网页的实时通信)架构的语音通话解决方案,使用自定义接口实现语音协议的定制化,可大幅提升语音信令交互效率。方案三为基于IMS(IP多媒体系统)信令优化的语音增强解决方案,通过精简SIP/SDP(会话初始协议/会话描述协议)流程及字段,可缩短终端与IMS网络的交互时延,提升交互效率。

从当前阶段研究成果来看,优化现有地面体制,压缩星地语音交互信令开销,是IoT NTN实现语音业务的重要基础。现有地面4G/5G移动通信网络语音业务采用IMS架构,为实现与地面语音通信体制兼容,产业各方致力于创新基于IMS优化的语音通话方案,在网络及芯片侧开展定制化研发,精简信令流程,优化低速语音编解码算法,以更好支持IoT NTN场景下的语音通话功能。

基于NTN实现卫星语音通信的关键技术

网络架构优化

鉴于IoT NTN体制本身的网络特性,

为满足卫星通信网络演进过程中用户语音通话的需求,可以借鉴现有地面蜂窝网络的体制及建设方案,压缩星地语音交互信令开销。现有地面4G/5G移动通信网络语音业务采用IMS网络架构,在卫星网络中对该架构进行优化,可以实现卫星与地面语音通信体制的兼容。

在信令交互方面,考虑在终端和IMS网络间使用精简的IMS SIP信令,对IMS进行增强,实现精简SIP和标准SIP的转换,在IMS网络和地面网络间使用标准的SIP信令进行交互。

在语音媒体流交互方面,为了实现低速语音媒体流传输,在终端和IMS网络网关中部署低速语音编解码器。其中,在终端和IMS语音网关间,语音流采用低速的语音编解码交互;在IMS语音网关处,实现低速语音编码和标准语音编码之间的转换。

核心网UP面承载语音解决方案

IoT NTN无线侧数据传输支持CP(控制面)模式和UP(用户面)模式。CP模式支持数据通过NAS信令传输,承载数据少,适合物联网突发小包业务;UP模式通过建立正常的无线承载DRB(数据无线承载)进行数据传输,适合持续性数据业务。

在IoT NTN体制中,UP模式仅支持两个DRB,无法同时承载数据和语音业务。对于卫星移动通信而言,语音是重要业务。本文考虑在UP面实现的三种承载(数据承载、语音信令承载和语音媒体流承载)可在不同业务间自动切换,即随着业务的变更为用户更新不同的承载。

考虑对基站进行增强,通过设定网络触发条件,使得基站在某些条件下释放数据承载并建立语音承载。该过程中终端收到了网络触发的承载释放,可能导致终端发起TAU(跟踪区域更新)

过程,造成信令消耗,因此也需要对终端进行部分增强。当用户停止语音通话时,语音承载释放,此时网络应具备退回至数据承载的能力。

SIP精简方案

1. IMS SIP精简原则分析

由于NTN网络的空口资源有限,标准的IMS SIP信令消息冗长,终端呼叫建立时间较长,导致语音建立成功率降低。用较小的信令长度优化语音建立信令交互流程,缩短呼叫建立时长,是IoT NTN实现语音业务支持能力的主要方法。现有地面网络语音业务以VoNR、VoLTE为主,为推动与5G NTN网络架构的互联互通,以及向未来语音业务平滑迁移,应优先考虑基于IMS优化的语音网络架构。

具体信令优化可基于但不限于如下原则:第一,SIP头部名称使用缩写格式编码,SIP中未定义缩写的头部名称不进行自定义处理;第二,UE发送给IMS的SIP消息部分参数可在空口省略,之后由IMS网络功能添加;第三,UE发送的SIP/SDP消息IPv6地址编码使用简化格式;第四,部分语音(可根据优先级或资源实时情况)省略信令交互步骤。

除上述信令精简外,在地面网络引入增强型语音信令网关设备,支持卫星通信语音编解码协商和转换,在SIP消息精简方案中屏蔽UE与IMS网络间语音媒体流的差异。

NTN网络带宽资源有限、时延较高,SIP信令需适配NTN网络的性能特征,简化信令交互的复杂度、降低时延。为实现基于IMS网络的SIP消息精简,终端与IMS部分网络功能需进行增强,屏蔽SIP信令在终端与标准IMS网络之间的消息差异化,使得IMS网络在保障终端用户呼叫体验的同时,提升网络交互效率。

2. 时延分析

涉及IoT NTN语音通信的传输时延包括终端声码器时延、基带时延、卫星空口时延、基站协议栈时延、核心网到IMS用户面时延、IMS用户面语音编解码转换时延、大网处理时延、大网终端处理时延等。受限于空口带宽(无法频繁发包)和高轨卫星远距离传输,上行时延集中在声码器模块和卫星空口传输,约占整体时延的80%;下行时延集中在卫星空口传输和IMS语音转换过程,约占整体时延的80%。

分析显示,通过包压缩、声码器优化、编解码优化可有效减少语音包在卫星接入场景下的传输时延,提升NTN网络语音通话用户体验。

总结与展望

本文以3GPP前期研究及标准化进程为基础,提出可支持语音通信的IoT NTN融合组网架构和体制优化方向,并综合考虑卫星资源受限及时延较高的网络特性,针对语音交互信令的精简与优化提出了解决方案,降低星地语音交互信令对星地资源的消耗,保证卫星接入场景下的语音业务质量。但仍存在一些关键问题有待研究,例如卫星通信空口时延相对较高,需进一步对协议进行适配和优化,对网元进行功能及性能上的增强;又如卫星动态变化导致多普勒频移影响语音信号质量和稳定性,需要通过算法及编解码能力的增强,提高语音业务的稳定性。

业界已经开启对于下一代实时语音通信的研究,在科技创新、用户需求、网络演进的驱动下,“虚实共生、沉浸多感、类人智能、万物智联”将成为未来实时通信的发展愿景。NTN网络作为未来天地融合、泛在连接的重要技术,具有广阔的应用前景和实际意义,是实现泛在实时、多维连接、高质量通信服务的重要基石。CW

空地一体技术和产业探讨

■ 中国移动通信集团设计院有限公司 刁兆坤 宿金峰 梁道龙 黄广荣



空地一体通信技术是一种综合运用卫星空间通信、地面无线通信、互联网、计算机等多种通信技术手段,实现高速、高质量、多功能通信的技术。它将多种通信技术融合在一起,形成互补、相互协作的新型通信技术体系,构建一个覆盖全球、无处不在、高速智能、安全可靠的通信网络。该网络充分利用不同轨道卫星、无人机、高空平台等空中资源,以及地面蜂窝移动网络、物联网、云计算等技术,实现多层次、多连接、多接入的新型融合架构。

空地一体融合网络将面向偏远



图1 空地一体融合网络服务

地区、荒漠、海洋、低空等陆海空全域立体空间实现“泛在连接”(如图1所示),提供手机直连、行业终端直连卫星以及各类应急救援保障等“泛在场景”新服务。

这种技术体系的核心在于将地面通信与空中通信进行有机结合,以实现更广阔的覆盖范围和更高效的数据

传输。它支持高速移动、大容量、低时延、高可靠性的通信需求,为用户提供优质、高效、智能的通信服务。空地一体通信技术不仅可以为传统的地面通信网络提供备份和增强,还可以在地面通



信设施受到损害或地面通信网络无法覆盖的区域（如偏远山区、海洋等）提供可靠的通信服务。

空地一体通信技术具有广泛的应用前景，特别是在公共安全、应急救援、远程教育、智能交通、物联网等领域。它不仅能够提供快速、准确的数据传输和高精度定位，还可以在极端环境下保持稳定运行，为各种应用场景提供可靠、高效的通信服务。

空地一体关键技术

空地一体化通信网络关键技术是

一个综合性的技术体系，涉及多个关键领域，涵盖了网络融合、高速数据传输、移动性管理、安全防护、智能化管理以及空地协同定位等多个方面，这些技术的研发和应用将推动空地一体化网络的发展，为各行业提供更为便捷、高效和安全的通信服务。空地一体化网络涉及众多技术，以下将重点介绍其中七大关键技术。

一是网络融合技术。空地一体化网络的核心在于实现地面通信网络与空中通信网络的深度融合。这包括网络架构的设计、通信协议的制定以及网络资源的优化配置。网络融合技术旨在确保地面与空中网络的无缝衔接，实现数据的高效传输和共享。空间延迟容忍网络技术（DTN）和自组织网络技术（Ad Hoc）的应用，使得通信网络能够应对复杂多变的通信环境。

二是高速数据传输技术。空地一体化网络需要支持高速、大容量的数据传输。为此，采用先进的调制编码技术、多址接入技术以及信道优化技术等是必要的。这些技术可以有效提升数据传输的速度和效率，满足高清视频、大数据等高速率业务的需求。

三是移动性管理技术。在空地一体化网络中，通信终端可能频繁地在地面和空中之间切换。因此，移动性管理技术对于确保通信的连续性和稳定性至关重要。这包括位置预测、切换策略、资源预留等方面的技术，以此应对移动终端带来的通信挑战。

四是安全防护技术。空地一体化网络面临着复杂的安全威胁，如信号干扰、数据窃取等。安全防护技术包括加密技术、认证技术、入侵检测与防御技术等，用于保护通信过程的安全性和数据的完整性。这些技术可以有效防止未经授权的访问和数据泄露，确保网络的安全稳定运行。

在空地一体化通信网络中，安全防护技术至关重要。混沌序列扩频测控通信技术、扩/跳结合的测控通信技术以及“空-时”“空-频”自适应处理技术等的应用，为通信网络提供了强大的安全防护能力。

五是智能化管理技术。随着空地一体化网络的规模和复杂性不断增加，智能化管理技术变得尤为重要。这包括网络性能监控、故障预测与恢复、资源动态调度等方面的技术。通过引入人工智能和机器学习等先进技术，可以实现网络的自动化、智能化管理，提高网络运行效率和可靠性。

六是空地协同定位技术。空地一体化网络需要实现高精度的定位服务。空地协同定位技术通过整合地面基站和空中卫星的定位信息，提供更为准确、可靠的定位服务。这对于导航、救援等具有重要意义。

激光测控通信技术在空地一体化通信网络中扮演着至关重要的角色，通过与其他技术的结合应用能够实现快速、准确的数据传输和位置定位，从而满足日益增长的通信需求。空地一体化通信网络中的新兴导航定位技术，如脉冲星X射线导航、星上光学导航以及组合导航等，为飞行器提供了自主定位能力。这些技术通过将不同导航源的信息融合提高导航精度和可靠性。

七是模块化开放式结构设计技术。模块化开放式结构设计技术的应用使得空地一体化通信网络设备具备即插即用、易于升级和重构的特点。这种技术采用开放式硬件设计、模块化软件设计和标准化接口设计，使得不同厂商的设备能够相互兼容和互操作。这不仅降低了设备成本和维护难度，还提高了通信网络的灵活性和可扩展性。

通信运营商在空地一体化方面的技术研究

通信运营商在空地一体化方面的技术研究主要聚焦于“如何整合地面通信网络和空中通信网络,以提供更广泛、高效和可靠的通信服务”。以下是通信运营商五大关键技术研究方向。

一是空地融合网络技术。研究如何将地面通信网络(如4G、5G以及未来的6G网络)与空中通信网络(如卫星通信、无人机通信等)进行深度融合。这涉及网络架构的设计、通信协议的制定以及网络资源的优化配置等方面,旨在实现空地通信的无缝衔接和高效协同。

二是高速数据传输技术。针对空地通信中可能遇到的传输延迟、带宽限制等问题,研究如何提升数据传输的速度和效率。其中包括采用先进的调制编码技术、多址接入技术以及信道优化技术等,以满足高清视频、大数据等高速率业务的需求。

三是移动性管理技术。在空地一体化通信中,通信终端可能频繁地在地面和空中网络之间切换,因此需要研究有效的移动性管理技术。其中包括位置预测、切换策略、资源预留等方面的技术,以确保通信的连续性和稳定性。

四是安全防护技术。空地一体化通信面临着复杂的安全威胁,如信号干扰、数据窃取等。因此,通信运营商需要研究相应的安全防护技术,包括加密技术、认证技术、入侵检测与防御技术等,以确保通信的安全性和数据的保密性。

五是智能网络管理技术。随着空地一体化通信网络的规模和复杂性不断增加,智能网络管理技术变得尤为重要。其中包括网络性能监控、故障预测与恢复、资源动态调度等方面的技术,

以实现网络的自动化、智能化管理。

通过深入研究以上关键技术,通信运营商可借此推动空地一体化通信技术的快速发展和应用,为用户提供更加便捷、高效和安全的通信服务。同时,这也将有助于提升通信运营商的市场竞争力,推动整个通信行业的进步。

通信运营商在空地一体化方面的应用探索

中国移动在空地一体化方面的应用探索

中国移动在空地一体化方面的应用探索展现出了其在这一领域的雄厚实力和前瞻性视野。

首先,中国移动致力于推动空地一体化通信技术的研发和应用。通过5G无人飞艇应急系统,中国移动成功搭建了空中和地面控制两大平台,实现了通信保障、环境监测、高清云瞰、应急救援四项应急保障能力。这一系统不仅体现了中国移动在空地一体化通信技术方面的实力,也为应急管理和公共安全提供了新的解决方案。

其次,中国移动积极参与国际标准化工作,推动空地一体化通信技术的标准化进程。通过主导完成固移卫融合确定性网络、定位业务增强、QoS(服务质量)保障等多项标准立项,中国移动在ITU-T(国际电信联盟标准化部门)等国际组织中发挥了重要作用,为我国卫星互联网产业与国际接轨奠定了标准基础。

最后,中国移动还积极探索空地一体化在医疗救援领域的应用。其发布的空地一体化医疗救援体系,融合了5G、物联网、人工智能等技术,实现了患者呼叫“呼入即定位”、急救调度“空地一体化”等升级,为患者争取了更多生存机会。这一创新应用不仅提升了医疗救援的效率和质量,也展示了中国移动在

空地一体化领域的创新能力。

此外,中国移动还发布了空地一体超级专线,为湖南等地区的数字经济高质量发展提供助力。这一专线通过5G空口、固线双链路接入,实现空地一体联动,保证了业务的“永远在线”和快速开通,满足了“应急快开”诉求。这一产品的推出,进一步拓展了中国移动在空地一体化通信领域的市场应用。

中国联通在空地一体化方面的应用探索

中国联通在空地一体化方面的应用探索体现在多个层面和合作项目中。

首先,中国联通在技术研发和产品创新方面取得了显著成果。中国联通发布了5G RedCap端网业协同一体化产品、5G-TSN确定性工业网络系列创新产品等一系列空地一体化创新成果。这些产品展示了中国联通在空地一体化方面的技术实力和应用能力,为各行业提供了一站式的5G升级服务。

其次,中国联通积极开展对外合作,与合作伙伴共同推进空地一体化技术的发展。中国联通与华为、银河航天等合作伙伴签署了战略合作协议,共同探索基于空地融合的卫星物联网、卫星车联网等业务应用,并搭建演示平台以验证空地一体化技术的可行性。

再次,中国联通还关注空地一体化技术在应急通信领域的应用,发布了包括沃星海、沃星陆、沃星空、沃星图在内的四大卫星系列产品,展示了其在“天、地、海”一体化应急通信服务领域的的能力。

最后,中国联通在空地一体化技术的持续研究方面也作出了努力。中国联通研究院对空地一体化组网和光传输技术进行了深入研究,成功验证了自由空间光通信的可行性,为未来的融合通信技术提供了新的解决方案。

空地一体通信产业化发展

空地一体产业化发展是一个涉及多个领域和多项技术的复杂过程,它涵盖了从技术研发、设备制造、网络建设、运营服务到应用推广等多个环节。空地一体通信产业化发展包含以下五个关键方面。

一是技术研发与突破。空地一体通信技术的发展离不开持续的技术创新和突破,其中包括对激光测控通信、新兴导航定位、网络、安全防护等技术的深入研究和开发。通过不断的技术创新,提高空地一体通信网络的传输速度、覆盖范围、安全性和可靠性,满足各种应用场景的需求。

二是设备制造与产业链完善。随着空地一体通信技术的成熟,相关设备制造的产业链也将不断完善,其中包括通信设备、卫星制造、发射服务、地面设备等多个环节。通过推动产业链的协同发展,形成完整的空地一体通信设备制造和供应链体系,降低设备成本,提高生产效率。

三是网络建设与优化。空地一体通信产业化发展的关键在于网络的建设与优化,包括卫星网络的布局和优化、地面通信网络的升级和融合等方面。通过合理的网络规划和布局,实现空地一体通信网络的全球覆盖和高效运行。同时,通过优化网络结构和算法,提高网络的传输效率和稳定性。

四是运营服务与市场拓展。空地一体通信网络的运营服务是产业化发展的重要环节。通过提供专业的运营服务(包括网络维护、数据处理、用户管理等),确保网络的稳定运行和用户体验。同时,积极开拓市场空间,推动空地一体通信技术在公共安全、应急救援、远程教育、智能交通等领域的应用,培育新的增长点。

五是政策支持与产业协同。空地一

体通信产业化发展需要政府政策的支持和产业协同发展。政府可以出台相关政策,鼓励技术创新和产业发展,并提供资金支持、税收优惠等扶持措施。同时,加强产业协同和合作,推动产业链上下游企业的紧密合作,共同推动空地一体通信产业化发展。

空地一体未来发展规划

空地一体未来发展规划是一个综合性的战略体系,需要政府、企业和社会各方的共同努力和协作。通过技术创新、网络优化、市场拓展以及产业协同等方面的持续推动,空地一体通信将迎来更加丰富的应用场景和更加广阔的发展前景。以下是关于空地一体通信技术方面的具体发展规划以及建议。

关键技术具体研发规划

深化对激光测控通信技术的研发,提升数据传输速度和精度,特别是在复杂环境下的通信稳定性;推动新兴导航定位技术的发展,如星上光学导航,以提高空地通信网络的定位精度和自主性;加强网络技术的研发,包括空间延迟容忍网络技术和自组织网络技术,以优化网络结构和提升通信效率;投入更多资源用于安全防护技术的研发,包括混沌序列扩频测控通信技术和新型加密认证技术,以确保通信过程的安全性和数据的完整性。

网络基础设施发展规划

构建并完善空地一体通信网络的卫星系统,包括低轨卫星、中轨卫星和高轨卫星,实现全球范围内的无缝覆盖;加强地面通信网络的升级和融合,包括5G、6G等新一代移动通信技术的部署和应用,提升地面通信网络的容量和速度;优化网络拓扑结构,提升网络

传输效率和稳定性,降低通信延迟,确保高质量的服务体验。

市场拓展与应用推广规划

深入挖掘公共安全、应急救援、远程教育、智能交通等领域对空地一体通信技术的需求,推动相关应用的研发和推广;加强与产业链上下游企业的合作,共同推动空地一体通信技术在物联网、工业互联网等领域的融合应用;拓展国际市场,参与国际竞争与合作,推动空地一体通信技术的全球化发展。

标准化与法规建设规划

大力推动空地一体通信技术的标准化工作,制定并完善相关标准和规范,促进技术的互通性和互操作性;加强与政府部门和监管机构的沟通与合作,制定有利于空地一体通信技术发展的政策和法规,为产业的健康发展提供有力保障。

人才培养与队伍建设规划

加强空地一体通信技术领域的人才培养,包括高层次人才、创新型人才和技能型人才的引进和培育;构建“产学研用”紧密结合的创新体系,推动高校、科研机构和企业之间的深度合作,共同培养具备创新能力和实践经验的空地一体通信技术人才。

展望未来,空地一体化通信具有广阔的发展前景和巨大的应用潜力,将朝着更高速度、更大容量、更广覆盖的方向发展,为人类社会带来更多的便利和福祉。随着新一代卫星系统的部署和地面通信网络的升级,空地一体化网络将实现全球无缝覆盖,为各类用户提供更加便捷、高效的通信服务。同时,随着人工智能、大数据等技术的不断发展,空地一体通信技术也将与这些先进技术相结合,实现更加智能化、自动化的通信管理和服务。

“手机直连卫星”背景下 移动与卫星运营商的关系和定位

■ 联通航美网络有限公司副总裁 谢鹰

华为Mate60的“手机直连卫星”功能实现了消费终端与卫星之间的语音通信；埃隆·马斯克的Starlink（星链）低轨道星座规模运营并实现盈利，在宽带卫星互联网领域遥遥领先的基础上，启动了“手机直连卫星”的商业计划。目前，商业航天、低空经济作为新质生产力的代表，成为数字经济下一阶段发展的战略方向。

移动运营商是移动互联网的基础运营企业，卫星运营商承担着低轨道卫星星座的建设和运营重任，二者均开展了基于“手机直连卫星”的相关研究。在即将到来的6G时代，实现“手机直连卫星”已成为业界共识，那么移动运营商与卫星运营商在此背景下的关系和定位将发生哪些变化？

国内外“手机直连卫星”发展现状

卫星通信是欧美相对具有优势的领域，Starlink成功发射了6000余颗低轨道卫星，实现超过200万用户的规模运营，并在2023年实现了单季运营现金流为正，这让商业航天、卫星互联网成为各国争相角逐的焦点，开启了各国低轨道星座“保频占轨”的“跑马圈地”运动。

AST、Lynk、Starlink等三家卫星企业均于2023年开始尝试“手机直连卫星”。2023年4月25日，AST打通了

全球首个“手机直连卫星”语音通话；2023年6月2日，Lynk宣布打通天基语音电话；Starlink联合6家地面移动运营商推出全新手机直连卫星业务，规划了2016颗卫星，计划于2025年完成“手机直连卫星”的商业部署。

华为在2023年推出的Mate60手机实现了消费终端与天通卫星终端的集成，将“手机直连卫星”功能集成到普通智能消费终端中。与欧美“手机直连卫星”面向普通的4G手机不同，我国目前采用的4G/5G手机与卫星终端高度集成的方式，属于双模终端模式，二者在实现方式上有很大的区别。本文所述的“手机直连卫星”更多的是指欧美那种“手机直连卫星”模式，而非双模终端模式，国内三大移动运营商都在积极开展基于3GPP NTN（非地面网络）的“手机直连卫星”的相关研究。

随着6G空天地一体化愿景的逐步清晰，3GPP在“手机直连卫星”协议标准化方面进展迅速，2022年R17首次引入NTN，“手机直连卫星”演进路线和标准逐步清晰。我国在低轨道卫星星座建设上，重点开展基于NTN技术的“手机直连卫星”的研究和规划。在去年召开的WRC-23（世界无线电通信大会）上，ITU（国际电信联盟）明确提出了“手机直连卫星”的频率规划，并启动了在600MHz—2.7GHz频率范围开

展“手机直连卫星”的相关技术研究。

非地面网络与地面网络的对比

NTN网络通过500千米轨道高度的卫星提供空口服务，其覆盖范围与容量相比于地面网有很大的差别。

覆盖对比

NTN网络基于低轨道星座，可以较容易实现全球室外覆盖；而对于室内区域，NTN网络无法覆盖。

TN（地面）网络基于陆地基站建设，其建设难度非常大，在全球移动网络领先的中国，也只能做到99%的人口覆盖，陆地覆盖面积不足40%；室内覆盖通过室外蜂窝或室分系统可以达到良好的效果。

容量对比

假设未来单卫星天线覆盖可以达到近千平方米，单星波束可以达到300个，每颗卫星单波束至少覆盖2000平方千米，就算将百兆赫兹频率用于直连卫星，考虑频谱利用效率，每平方千米极限容量不会超过150Kbit/s（数据来源于极限仿真）；而地面移动网络每平方千米容量可高达10Tbit/s量级，两者根本不在一个层级。

从以上分析可以看出NTN网络与TN网络不存在相互替代关系，TN网络

从1G发展到5G一直无法破解广覆盖问题,而NTN网络能有效解决该难题;NTN无法满足统一容量需求,网络的高容量覆盖仍需要TN网络,NTN与TN网络是完全补充关系,NTN网络只适用于广覆盖场景,但凡有容量需求区域TN网络才是最优选择。

低轨道卫星运营商与移动运营商的关系和定位

一方面低轨道卫星运营商正在积极开展低轨道星座建设,首当其冲受影响的是传统卫星运营商,随着低轨道卫星星座的搭建,传统卫星运营商的to B、to H、to G市场被抢占。数据显示,埃隆·马斯克现有200万用户,大部分来自其他传统卫星市场,毕竟Starlink拥有更完善的覆盖、更优的性能和更高性价比的服务,形成了对传统卫星运营商的碾压。其次低轨道卫星运营商也在积极与地面移动运营商开展“手机直连卫星”的合作,通过移动运营商开展to C业务。另一方面移动运营商在5G时代,其业务从单纯to C、to H,逐步向to B、to G发展,在网络强国、数字中国的建设中,移动运营商承担了基础网络建设的职责。在6G发展演进过程中,空天地一体化无线泛在成为6G的核心愿景之一,移动运营商也在积极开展NTN标准、技术、网络、应用相关研究。

Starlink与T-Mobile在“手机直连卫星”业务方面积极开展合作,Starlink承担空中星座建设任务,采用T-Mobile的2×5MHz频率资源,为T-Mobile用户提供“手机直连卫星”服务。在双方的合作中,Starlink承担了“空中铁塔”的职能,用户则以T-Mobile的用户为主,试验推广阶段采用免费方式,未来或许会采用功能收费模式,由T-Mobile向用户收费,再与Starlink进行收入分成。

国内的“手机直连卫星”尚处于规划和资源整合阶段,低轨道卫星运营商和移动运营商在两条路径上进行研究规划,一方面低轨道卫星运营商积极申请Sub-6GHz频率用于“手机直连卫星”的发展,另一方面随着2G、3G网络清频退网,移动运营商也在对部分频率资源进行重耕,重点解决覆盖问题。

从WRC-23大会议题来看,国际电联更多地考虑现有IMT频率用于“手机直连卫星”的可行性,600MHz—2.7GHz频率基本已“瓜分殆尽”,低轨道运营商申请新频率用于“手机直连卫星”这条路径基本被封死。

卫星互联网是战略性新兴产业之一,低轨道卫星运营商一方面积极申请Ku或Ka频率和轨道位置,利用Ku或Ka频率构建一张覆盖全球的宽带卫星互联网,另一方面与移动运营商合作,利用移动运营商频率构建一张与移动网优势互补的“手机直连卫星”的网络。

低轨道卫星运营商与移动运营商之间更多的是互补合作关系,而非竞争替代关系,原因包括以下四点。

一是移动运营商掌握用户资源。目前国内移动运营商已拥有17.4亿手机用户、6.4亿户宽带用户、23.3亿物联网用户,运营商之间对用户的争夺几乎涵盖所有政企客户渠道。用户已经与移动运营商建立了长期合作关系,未来更多的属于存量竞争,增量空间不大。

二是移动运营商已搭建起“集团-省-市-县”四级服务体系。移动运营商拥有完善的网络运维保障和用户服务体系,已建立健全四级响应机制;新兴的卫星运营商若要构建此类能力,则需要相当长的时间和相当大的投资,因此二者合作共赢的机会更多。

三是移动运营商掌握“手机直连卫星”核心频率资源。随着网络简化,

移动运营商将拥有大量的频率资源,特别是宝贵的L、S频段,这些ITM频率资源刚刚被清理出来,用于“手机直连卫星”具备先天优势。

四是低轨道卫星运营商掌握Ku或Ka频率、轨道等核心资源。虽然移动运营商有诸多优势,但“术业有专攻”,在卫星互联网领域,特别是卫星网络部分,低轨道卫星运营商拥有先天的优势:一方面拥有Ku或Ka频率、轨道等核心资源,在火箭发射、卫星制造、卫星测控、卫星运营等方面具有先天优势;另一方面低轨道卫星运营商除了承担商业应用之外,也兼顾国防等特殊保障任务。

综上所述,在未来“手机直连卫星”领域,移动运营商与低轨道卫星运营商是互补关系,而非竞争替代关系,低轨道卫星运营商更多的是起到“空中铁塔”作用,移动运营商仍然掌握用户、渠道等核心资源。二者在未来6G时代相互补充,低轨道卫星运营商通过移动运营商海量用户渠道资源,进一步让卫星进入千家万户、千行百业,从而实现卫星星座的商业成功;移动运营商通过低轨道卫星网络实现无线泛在网络覆盖,同时也节省了巨额的网络建设投资,二者可以实现互惠共赢发展。

随着“手机直连卫星”技术的逐步成熟,困扰移动运营商的网络广覆盖问题终于有了终极解决方案,而海量to C手机用户的加持,也有效地破解了巨型星座商业变现难题。在华为、中兴通讯等设备厂商以及移动运营商的大力加持下,“手机直连卫星”的发展必将进一步加速,我国在3GPP NTN标准制定、技术发展上也将继续保持5G时代的领先态势。相信在不久的将来,“移动网络与低轨道卫星星座”必将进一步融合,为人类社会的数字化发展和进步提供基础保障。CW

爱瑞无线: AI、卫星互联网浪潮奔涌 催生小基站新机遇

■ 本刊编辑部 舒文琼

截至2024年2月,我国已经建成了350.9万个5G基站,发展了8.51亿户5G用户。随着规模的拓展,5G步入了高质量发展的新阶段。凭借穿透性强、成本低、时延低等优势,5G小基站将有效地完善网络覆盖、助力高质量发展,在5G舞台上扮演重要角色。

如何充分释放5G小基站潜力,促进产业蓬勃发展?面对奔涌而来的AI(人工智能)、卫星互联网浪潮,5G小基站迎来哪些新机遇?近日,成都爱瑞无线科技有限公司CTO兼副总裁周楠清接受了通信世界全媒体记者的采访。

需求明确,曙光在前

“小基站在通信网络中扮演着重要角色,对于实现5G网络高密度、高容量、低时延目标有着至关重要的作用。”在周楠清看来,5G小基站主要应用场景有三类:一是在室内和地下室等信号较弱场景增强覆盖;二是在商业区、娱乐场所等人口密集区域增加网络容量;三是通过就近部署为自动驾驶、远程手术、工业制造等应用提供低时延传输。定位清晰、需求明确,5G小基站前景被业界一致看好。

虽然小基站市场“拐点”尚未出现,但周楠清相信,在5G网络覆盖持续增强的趋势下,5G小基站需求将客观存在,未来两到三年小基站将迎来曙光。为了推动5G小基站发展,周楠清建议产业各方共同努力:政府加大政策鼓



爱瑞无线CTO兼副总裁 周楠清

励,运营商明确采购计划,小基站厂商收敛投资方向、聚焦优势领域,从而推动产业正向循环和良性发展。

2023年以来,AI和卫星互联网异军突起,这些新技术与小基站结合,将开辟新场景、催生新机遇。

目前,运营商将AI与网络结合,提供“零等待、零故障、零接触”的网络服务和“自配置、自修复、自优化”的运维能力。对于AI与小基站的结合,周楠清认为可以从三方面入手:一是针对小基站本身功能,用AI进行更好的网络部署优化、故障检测修复等;二是将AI与小基站深层次融合,进行信道估计、MIMO配对、算法优化等;三是基于5G网络上的数据,通过AI进行缺陷检测、人脸识别等。

除了AI,卫星互联网也是一大热点。《中华人民共和国第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出,打造全球覆盖、高效运行的通信、导航、遥感空间基础设施体系;2023年10月,

工信部提出推进卫星互联网业务准入制度改革;2023年12月,中央经济工作会议强调,打造商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业。诸多利好政策牵引,卫星互联网市场热度持续上升。

卫星互联网浪潮澎湃而至,小基站有哪些结合点?对此周楠清表示:一是小基站与星载基站紧密集成,解决沙漠、森林等偏远地区的网络覆盖问题,实现全球全域网络覆盖;二是将卫星通信应用在回传部分,解决部分场景不易部署光纤、小基站数据回传难的问题。

当然,新场景也在倒逼技术创新,未来小基站网络管理要向智能化和自动化方向演进。

爱瑞无线厚积薄发

爱瑞无线在2019年成立于成都,作为5G基站核心技术及“AI+5G”解决方案提供商,爱瑞无线现有员工近200人,其中研发人员170多人,硕士及以上学历员工占比近七成,研发队伍非常强大。周楠清介绍,爱瑞无线具备从设计、研发、测试到集成的5G全系统开发能力,推出了满足多种场景需求的5G小基站产品,如低功耗、低成本的一体化基站,高规格、高容量的4G/5G双模小基站,AI与5G结合的小基站产品,以及面向低空通信的小基站产品。

周楠清总结道:“以满足不同场景需求为出发点,爱瑞无线将以运营商需求为基础,持续跟进行业发展趋势,通过技术研发与产品迭代,满足各类网络覆盖与用户体验需求。未来我们将探索更多技术方案,为业界提供易集成、便捷智能、高性价比的小基站等无线产品和服务。”

普天科技孟新予：小基站走向定制化、国产化与空天地一体化

■ 本刊记者 程琳琳

从建设到落地，从网络到应用，5G小基站迈上了一个又一个新台阶。新形势下小基站也迎来了新发展方向，中电科普天科技股份有限公司公网BG副总经理、5G事业部总经理孟新予在接受通信世界全媒体记者采访时表示，未来普天科技的小基站产品将逐步实现定制化、国产化以及空天地一体化协同，从而更好地发挥小基站类产品的优势，全方位提升网络信号的覆盖能力。

从实践经验看，小基站目前适用的场景主要有以下几类。

从需求维度来看，小基站基于室内覆盖场景进一步细分并对外做场景延伸。随着近几年发展，室内的覆盖场景逐步细分为公共空间、家庭空间、企业空间等。小基站也从扩展型基站演进到家庭型基站和企业型基站。在室外场景，小基站的能力范围也在不断延伸，以更好地满足运营商多样化覆盖场景的需要。

从落地维度来看，小基站逐步从公网覆盖向专网覆盖场景进一步延伸。运营商集采的逐步落地，带动了小基站产业链和供应链的逐步完善，小基站的成本进一步降低，将成为工信部“信号升格”专项行动落地的有力支撑。同时小基站也逐步由公网覆盖场景向专网覆盖场景扩展应用，比如工厂、矿山等场景应用。

与此同时，小基站也在不断“提升自我”，与AI（人工智能）等新技术进行充分融合。小基站与AI的结合将更好地推动小基站的发展。

一方面，小基站可以更好地满足AI



中电科普天科技股份有限公司公网BG副总经理
5G事业部总经理 孟新予

对大算力的需求。小基站开放的系统和平台架构可以把算力和通信能力融合在一起，以此满足AI对算力的需求，特别适合“感传算”一体的数字化应用场景。

另一方面，小基站可为AI发展提供应用支撑。很多AI应用对速率、时延、容量要求较高，需要高可靠的通信方式以解决数据传输的问题。普天科技在工业互联网领域一直积极推进“5G+AI”相关应用落地。

随着国产化芯片的不断推动，小基站也在“跑步”完成国产化演进。尤其在基带和射频领域都有主流团队完成了国产化芯片的研制和初步应用。国产化芯片不仅能提高性能，还能有效地降低成本。如今普天科技基于主流的国产化芯片在基带、射频的研发和技术储备领域，全面实现了全国产化方案，相关产品也将在年内逐步实现商用。

面向6G时代，小基站正逐步“上天入地”。孟新予认为，小基站需要顺

应“空天地”一体化趋势，逐步完善空间与地面网络覆盖，以实现天地网络互补协同。这也对小基站的发展提出了新的挑战，需要在强化地面网络覆盖能力的基础上探索更多的融合覆盖场景。

“无论是‘空天地’一体化还是低空经济，5G技术仍然有着很大的发挥空间，移动通信技术‘上星’已是主流趋势之一。”孟新予总结道。

小基站未来顺势乘风起。普天科技积极推动小基站产业的发展，并在产品和技术领域持续投入，取得了三方面成果。

一是定制化水平不断提升，普天科技小基站产品不仅可以提供公网覆盖能力，还能提供专网定制业务，这些基于国产化平台的定制化能力能够更好地契合行业的需求。

二是国产化率逐步提高，坚持聚焦全国产化技术路线，随着国产化产品的成本不断降低、成熟度迅速提高，国产化产业链和供应链将达到前所未有的高度，未来在定制化基站方面，将有更多的想象空间。

三是一体化能力不断提升，除了小基站产品的研发，普天科技在网络规划、优化等方面有着多年的技术积累，这些经验和能力都将与产品进行深度融合，使得方案的制定、交付和服务更具性价比。

以客户为导向，普天科技正在以更高性价比的方式，为客户提供相应的通信产品和服务。如今的普天科技正在积极参与到5G-A、6G、卫星互联网、低空经济等大潮中，大力投入各类资源，迭代相关产品，提升相应能力，推动小基站产业不断向前发展。



推动数据基础设施建设 加快产业转型升级

■ 国家工业信息安全发展研究中心 马冬妍 付宇涵 王琦

数据是新的生产要素，是基础性和战略性资源，也是重要的生产力。伴随着数据成为国家重要的战略资源，数据要素建模、治理、流通等问题受到社会各界的高度关注。

聚焦国内发展要求与环境，本文以数据基础设施建设为切入点，提出“以数据建模为理论基础，构建全要素生产力数据库”；“以数据治理为核心功能，提升数据智能服务能力”；“以数据流通为重要支撑，加强数据共享、协同与交易”的路径方法，为相关主体推进数据要素“供得出、流得动、用得好”提供参考借鉴。

产业数字化加速演进 推动数据基础设施建设

当前，全球经济数字化转型是大势

所趋。对产业发展而言，数字化转型不再是可有可无的“选择题”，而是关乎企业生存与持续发展的“必答题”。加快数字化转型是我国把握科技与产业革新所带来的新机遇，抢抓产业未来发展制高点的必然选择，同时也是推进我国制造业高质量发展，加快建设“制造强国”的战略要求，更是贯彻落实新型工业化战略的关键行动。

制造业数字化转型是贯彻落实新型工业化战略部署的重要举措。回顾历史，过去我国在工业化尚未完成的情况下，抢抓信息化发展先机，探索并形成了以“两化融合”为特征的新型工业化道路，不断推动制造业由小变大，取得了历史性成就。当前，制造业数字化转型逐渐成为信息化与工业化融合在新发展阶段的关键任务，加快推进

我国产业数字化转型，助力制造业向数字化、网络化、智能化持续演进升级，有助于新一代信息技术加速在制造业全要素、全产业链、全价值链渗透融合，持续引发技术经济模式、生产制造方式、产业组织形态的根本性变革，促进我国新型工业化发展加速向更高水平迈进。

制造业数字化转型是拓展产业竞争新优势的战略选择。随着新一代信息技术的蓬勃发展，第四次工业革命加速演进，为世界各国制造业发展带来新的机遇。对于我国而言，制造业数字化转型提供了与发达国家竞争并赶超的重要窗口期。加快推进制造业数字化转型，既有助于深化新一代信息技术与制造业融合应用，促进制造业高端化、智能化、绿色化发展；同时也将推动我国

传统产业向中高端迈进,加快培育壮大新兴产业,最终打造形成我国制造业在国际竞争中的数字化新优势,实现“换道超车”。

制造业数字化转型是建设制造强国、网络强国和数字中国的迫切需要。我国制造业总体规模十余年来位居世界首位,并且建成了全球规模最大、技术领先的网络基础设施,规模优势不断巩固、体系优势更加凸显。在此基础上,加快推进制造业数字化转型不仅有助于最大限度地激发信息技术的赋能作用,推动制造业在技术应用、经营管理、生产制造、产品与服务等方面的创新;而且也将促进现代网络技术在工业领域的广泛应用,促进新模式、新业态的培育和成长。由此实现我国向制造强国、网络强国、数字中国大跨步迈进。

制造业数字化转型仍然面临多方面问题。现阶段,我国工业化进程较短,工业知识体系尚不完善,企业工业知识和机理模型沉淀不足,数据信息难以有效实现互联与共享,数据价值挖掘与融合应用能力亟需提升,企业普遍缺乏有效的数据安全防护手段。在数字化转型实践过程中,企业面临的“数据孤岛”、内部集成与外部协同能力不足等问题尤为突出,仍需进一步夯实数据基础设施建设,依托大数据技术提炼总结实体经济管理运营特点和规律,加快推进数字技术与物理系统协同优化。

数据基础设施建设有力支撑产业数字化转型

数据基础设施是从数据要素价值释放的角度出发,在软硬件设施设备的支持下,面向社会各界提供一体化数据“汇-算-运-用-管”服务的新型基础设施。从设施设备构成角度看,数据基础设施由存储、网络、计算、安全

以及各类管理设施构成。从能力建设角度看,数据基础设施能够形成数据建模、数据治理、数据流通全生命周期基础能力。在创新、融合与变革的时代浪潮中,数据基础设施建设能够有效赋能企业数字化转型发展,为产业数字化、数字产业化和数字社会治理提供重要支撑。

以数据建模为理论基础,构建全要素生产力数据库。数据建模是数据基础设施的重要理论基础,能够对物理世界知识体系进行梳理、表达与传承。以工业领域为例,数据基础设施的工业大模型涵盖管理工程体系和技术工程体系,形成面向工业组织复杂系统各层级、各领域的统一建模规范。数据基础设施可根据工业统一建模框架,对产业分散在各信息系统的原始数据进行计算、建模与封装,沉淀为各层级、各领域的生产力数据库,为产业提供反映组织底层关系的数字底座和清晰无歧义的数据表达。

以数据治理为核心功能,提升数据智能服务能力。数据治理是数据基础设施的核心功能,能够实现数据资源的采集、传输与要素化。数据基础设施利用数字对象体系架构和工业互联网标识解析技术构建起安全高效的数据治理体系,能够支持数据的定义、注册与关联,实现数据要素化。同时数据基础设施的数据治理体系利用数字对象接口协议、独立解析体系和原生安全机制,能够提供灵活的数据要素异地、异主、异构开放共享服务,实现数据安全互联,提升数据智能服务能力。

以数据流通为重要支撑,加强数据共享、协同与交易。数据流通是数据基础设施建设的重要支撑,能够促进知识的共享、协同与交易。依托数据互操作基础设施,构建数据互操作安全机制,实现从用户端到数据存储端全流程保

障数据访问、数据通信、数据生成、数据存储的安全。

基于数据基础设施建设加快推进产业数字化转型

针对当前产业数字化转型存在的痛点问题,可加强数据治理理论体系构建、数据基础设施建设、协同合作生态培育等相关工作,全面布局增强服务产业数字化转型发展的基础支撑能力。

完善工业数据治理理论体系。围绕解决企业工业知识和机理模型沉淀不足等问题,研究完善工业基础理论知识体系和数据治理相关理论体系,推动工业数据基础设施实验室建设,联合高校加强学科建设与人才培养,夯实产业数字化转型的理论基础。

加强工业数据基础设施建设。聚焦产业数据流通过程中存在的安全问题,推动数据基础设施的建设应用,帮助企业提高数据治理与流通共享水平。

培育协同共享生态合作体系。基于数据基础设施等载体,推动制造企业、平台企业与金融机构加强数据共享和业务协作,引导数字化转型理论与实践成果融入高校教学体系,以“赛展会训”等活动汇聚各方资源,增强工业企业、科研机构、技术服务商、金融机构等多方互动交流,培育完善、协同、共享的生态合作体系。

过去几十年间,我国数字化转型取得显著成效,但随着转型的深入推进,在制造业技术应用、产业逻辑等方面也面临新的形势,产业基础设施建设也面临新的需求。数据基础设施建设对我国产业数字化转型意义重大,未来可重点布局数据治理理论体系构建、数据基础设施建设、协同合作生态培育等工作,增强服务产业数字化转型发展的基础支撑能力。CW

流量新政下 CDN行业发展趋势分析

■ 中国电信集团公司政企信息服务事业群 邓飞 马蕴颖 刘坚

当前，国内CDN（内容分发网络）市场形成了云厂商、电信运营商以及传统CDN厂商竞争的格局。在CDN服务中，带宽成本占比高且为刚性，随着2024年运营商跨省结算措施的出台，CDN基础业务即缓存分发服务利润空间将进一步缩小，因此CDN业务需要加快转型。本文在电信运营商流量策略调整的背景下，对CDN行业的发展趋势进行了分析和研判。

流量新政及对CDN行业的影响

由于互联网带宽对以CDN业务为代表的各类互联网业务而言不可或缺，受到互联网厂商因增长趋缓而压缩成本的影响，运营商在带宽销售方面产生了各种乱象。为防范网络信息安全相关风险，保障互联网业务高质量发展，自2019年开始，三大运营商对各类宽带销售价格作出规定，明确禁止低价销售，并开展对带宽业务的全面清查和稽核。为了营造合规健康、风清气正的带宽市场环境，从根本上解决不当竞争违规销售问题，三大运营商决定自2024年开始实施流量跨省结算政策。

此项政策简单说就是，如果A省带宽服务B省，A省就需要按流量对B省结出。理论上CDN业务应该实现内容的就近分发，流量通常不会跨省，但如果通过私开、补贴等违规手段获取跨省低价CDN带宽，此项政策将使其现出原形。以低价手段获取CDN业务的省需要向被覆盖省结算收入。

可以预计在运营商流量跨省结算的新政下，各类私开端口、赠送等不合规、不合理现象将有所收敛，“薅家宽羊毛”的PCDN（点对点内容分发网络）也将得到控制。同时，该项政策也将推动CDN服务商专注于CDN本身的价值，致力于开发更高价值的业务。

CDN生态模式及商业困境分析

CDN产业链的构成

CDN产业链上游是硬件厂商和电信运营商，硬件厂商提供服务器等硬件基础设施，电信运营商提供数据中心和互联网带宽等通信资源。产业链中游为CDN服务商，为用户提供内容的分发和高速缓存，加速内容交付。产业链下游为内容提供商，主要是视频类、电商类、游戏类、金融类等面向终端用户的企业。CDN产业链如图1所示。

CDN服务商业模式

在理想情况下，CDN服务商通常选择与ISP（网络业务提供商）建立合作伙伴关系，二者可以实现互惠互利。对于CDN服务商来讲可以降低带宽成本。对于互联网服务提供商来讲，一方面互联网内容缓存在网内，本网用户的上网感知体验

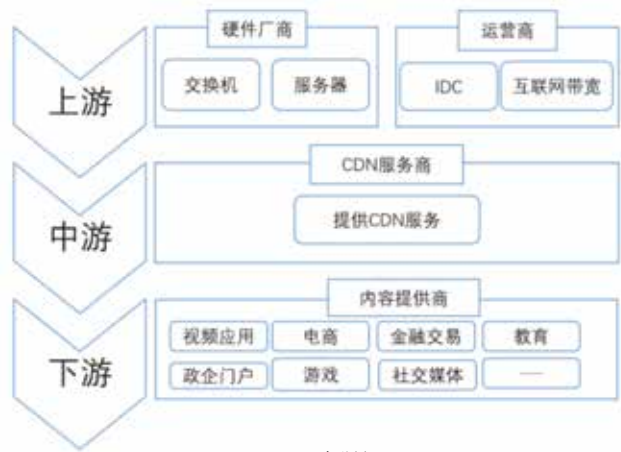


图1 CDN产业链

提升; 另一方面内容缓存后减少了ISP与Upstream运营商的Transit流量, 也实现了成本优化。当CDN服务商承接更多ICP(互联网内容提供商)的流量之后, 有更大的话语权与ISP进行合作, ISP也会主动选择参与CDN节点的建设。因此CDN厂商能够广泛布局边缘节点, 从而实现更好的CDN加速性能。换言之, CDN行业存在明显的规模效应, 往往大型的CDN厂商更容易形成正向的商业循环。

以CDN巨头Akamai为例, Akamai在全球1400多家ISP网络部署了3900个数据中心节点, 离用户更近, 边缘能力更强。而这样的覆盖能力需要多方合作伙伴在商业战略互惠的基础上进行生态合作, 这是Akamai和全球数千个ISP不断投入技术、共同优化网络的结果。

国内CDN业务商业困境

CDN的主要成本为硬件设施成本以及带宽成本。国内互联网带宽主要由三大电信运营商提供。以中国电信网络架构为例, 整体分为骨干网和城域网两级(包括IDC网络), 城域网与骨干网之间通过EBGP协议互联。国际出入口以及运营商之间的互联互通均通过骨干网的核心层。理论上ICP的数据优先选择部署在连接骨干网的IDC, 终端用户分布在31个省、直辖市、自治区城域网内, 城域网就可通过骨干网来获取内容, 可以视31个省、直辖市、自治区城域网为下游ISP。由于城域网与骨干网均由同一家运营商所有, 因此城域网不需要向骨干网进行网间结算。电信运营商与CDN厂商间无法形成互惠互利的合作模式, 所有带宽均需要向运营商采购。

国内互联网行业发展健全, 几乎所有内容均由国内互联网厂商提供。因此, 如果没有CDN, 运营商则需要向

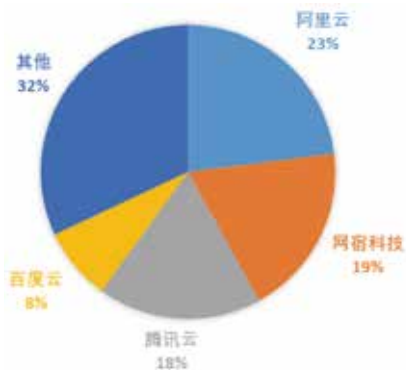


图2 CDN市场竞争格局

内容提供商收取带宽费用。CDN出现后, 部分内容在CDN实现缓存, 因此带宽的使用由内容提供商转移至CDN厂商。从电信运营商的角度考量, 总体网络的流量并未减少, 只是将带宽收费从内容提供商转移至CDN厂商。

研究报告显示, 国内CDN成本中带宽和服务费合计占比达到80%, 其中带宽成本占64%。业内形容CDN服务是“面包”, 互联网接入带宽是“面粉”。因此带宽成本对于CDN服务商的利润是决定性因素。站在运营商角度, 为了保证终端用户对内容源的访问, 需要投入巨大的人力、物力建立广域和局域的互联网络。而现状是在内容流量持续增长的形势下, CDN厂商受到下游内容提供商成本压降的冲击, 将压力转嫁给了运营商。这就导致了整个行业出现反常

现象, 即“面包卖得比面粉便宜”。

CDN行业发展现状

价格竞争重塑CDN业务的市场格局

截至目前, 国内CDN业务市场格局的每一次变动都是价格战引起的。最初国内CDN市场几乎只有一个“玩家”——蓝汛, 它占据了90%以上的市场份额。而网宿科技最初的策略十分简单粗暴, 以不到蓝汛一半的价格为用户提供加速服务, 在获得最初用户群后, 网宿科技不断加大研发投入, 逐渐提供高性价比服务。此后, 网宿科技的营收与市场份额双双增长, 与蓝汛一起形成了行业“双寡头”的垄断格局。历史似乎总在重演, 当年靠“价格战”打开市场的网宿科技, 也被新的竞争对手以同样的手法“围剿”。2015年阿里云和腾讯云相继入场, 并开启了一轮又一轮的降价潮。最终导致蓝汛的市场份额大幅下滑, 跌出CDN的TOP行列。2018年之后CDN市场价格趋于稳定, 形成了阿里云、网宿科技、腾讯云“三足鼎立”的竞争格局。

与此同时, CDN市场的竞争也进入了带宽成本的“金刚底”。截至2024年1月, 尚未有权威机构披露CDN主要厂商2023年最新市场份额, 但根据中



图3 2023年连续3个月IDC和城域网流量趋势

国信通院发布的2022年CDN市场份额（如图2所示）显示，市场头部企业格局基本趋于稳定。

CDN业务技术现状

实现快速、稳定、可靠的内容分发网络需要具备以下四项技术能力：一是节点众多的资源分布，二是智能调度能力，三是公网路由择优回源，四是传输协议优化。

CDN厂商在应用层上根据业务逻辑和内容特性实行差异化加速方案。因此针对不同的加速内容CDN产品出现了细化分类。国内主流CDN服务商在产品品类上趋同，且厂商间技术差距不断缩小。第一类CDN产品主要加速内容为视频之外的互联网应用，如大文件下载、网页、应用程序以及API等，支持从静态内容分发，到动态内容加速、全站加速及安全加速。第二类是视频服务，包括直播、点播和超低延时直播，即结合云的视频编解码、转码、存储等能力完成从视频生产、处理、传输到消费的全链路加速服务。

为降低成本，CDN服务商广泛提供PCDN产品服务。PCDN是以P2P技术为基础，通过挖掘利用边缘网络海量碎片化闲置资源而构建的低成本内容分

发网络服务。PCDN调度将CDN作为默认超级节点，并搭配大量的P2P节点作为CDN能力的补充。如2014年阿里云推出路由器产品，大规模收集家庭闲置宽带资源，并且在2017年6月正式将PCDN产品商业化。其上百万P2P节点覆盖了全国95%市县及运营商，P2P带宽储量达到10Tbit/s。

上述商业模式本质是“薅运营商羊毛”。在PCDN链条中，普通用户以闲置家庭带宽换取每个月几十元收益，PCDN厂商则从普通用户处收集的低价带宽倒卖给互联网大厂，互联网大厂因此降低了带宽成本，运营商则是该链条中唯一的“受害者”，这也就是为何网络上绝大部分声音都对PCDN持支持态度。但其合规性、安全性需要各级部门重点关注。事实证明，由于PCDN等城域网内存在低价流量，在互联网流量不断增长的同时，IDC流量却在不断降低。2023年连续3个月IDC和城域网流量趋势如图3所示

CDN厂商资源和优劣势比较

经过二十多年的发展，现阶段国内CDN服务商主要有三种，一是云CDN企业（阿里云、腾讯云、金山云），二是传统CDN服务商（网宿科

技、蓝汛），三是基础电信运营商。其中，传统CDN服务商经验丰富，体系成熟，网络中立，但需要采购带宽等基础设施，难以形成价格优势；云CDN企业打造整体服务体系，带宽复用冗余，分布节点众多，资本雄厚，技术强劲；基础电信运营商带宽资源丰富，成本优势突出，网络直连终端用户，资本雄厚，但技术相对落后，缺乏运营和服务经验，且运营商间存在互联互通难点。各类CDN服务商资源布局和优劣势对比如表1所示。

CDN业务发展趋势

随着5G和物联网的快速发展，互联网正在从中心快速走向边缘，云边协同是大势所趋。CDN与生俱来的边缘节点属性，边缘云与CDN在部署位置、基础设施、业务形态等方面的相似性，令其在边缘计算市场具备先发优势。云CDN服务商、电信运营商、传统CDN服务商均以CDN技术优势切入边缘计算市场，并且分别以IaaS和PaaS、网络基础设施优势开展竞争。

云计算厂商凭借自身强大的IaaS基础设施及PaaS平台优势强化边缘计算能力。如阿里云将遍布全球的3200

表1 CDN服务商资源及优劣势对比

分类	主要代表	资源布局	优劣势
云CDN厂商	阿里云	阿里云在全球拥有3200多个节点，覆盖70多个国家和地区，全国带宽输出能力为180Tbit/s	拥有丰富的云计算产品体系，云服务用户众多，CDN与云产品紧密联动带来“乘数效应”
	腾讯云	腾讯云CDN资源储备遍布全球70多个国家和地区，全网带宽超160Tbit/s，覆盖境内2000多个加速节点，境内带宽储备超110Tbit/s；境外拥有800多个加速节点，总储备带宽超过50Tbit/s	
传统CDN服务商	网宿科技	网宿科技在全球部署了广泛高效的内容分发网络，为用户提供全球范围内的网络加速服务；另外，将不同加速业务类型、不同带宽使用特征、不同业务规模的用户引入CDN加速体系中，有效提升平台的利用效率；同时，通过整合资源、汇聚庞大的用户需求，进行统一资源采购以提升企业的议价能力	CDN业务在企业内占比高，无带宽成本优势，技术优势逐渐缩小，CDN利润率低
基础电信运营商	天翼云	天翼云CDN在国内拥有超1800个节点，覆盖了主要省份及城市；在海外拥有超500个节点，遍布亚洲、美洲、欧洲、非洲的主要国家和城市，具备150Tbit/s的业务承载能力	具有带宽成本优势，需要外采异网CDN
	移动云	充分利用中国移动丰富的网络运营和业务质量优化经验，融合构建覆盖全国多网CDN节点，下沉至地市及区县，全网带宽超300Tbit/s、中国境内节点规模超3000个，为各类业务场景保驾护航	

多个CDN节点转换为边缘云节点,为IoT设备提供300多种协议驱动程序,可管理多达10万个边缘节点。用户可以在几分钟内创建边缘资源,从终端到节点的响应时间可以缩短到5毫秒,并为中心节省30%以上的带宽成本。基于自研飞天操作系统构建的边缘计算体系,将云计算、人工智能、IoT的优势拓展到边缘计算上,打造“云、边、端”一体化的协同计算服务。

电信运营商具有网络基础设施优势。运营商以网络服务起家,深耕行业多年,且具备网络成本优势,其网络服务与边缘计算能力的融合更能吸引潜在用户。围绕用户时延、网络位置等多种因素,边缘云部署形态可分为云服务延伸边缘云、电信网络边缘云、现场边缘云等。CDN边缘云则属于云服务延伸边缘云,即从CDN服务扩展而来的边缘计算模式,包括阿里云ENS、百度智能云BEC、移动云EIC、天翼云ECX等基础设施产品。边缘计算的另一种部署方式即电信网络边缘云MEC。此类边缘云利用运营商网络边缘接入点,根据需求决定资源池规模,服务种类差异化的网络边缘服务能够与5G等网络融合,

在低时延、云网融合等方面均具有天然的技术优势。

众所周知,催生边缘计算的一个重要应用需求就是低时延。当前,5G和光纤入户在局域范围内已经实现了极低的时延和极大的带宽。然而,如果业务无法部署在5G的核心网内或部署在运营商的接入网侧,还是只能通过互联网或城域网才能到达用户侧,而用户不管是使用光纤还是5G,其实与使用4G、百兆和千兆相对业务的访问质量是没有本质区别的,无法发挥边缘云真正的效果和价值。因此,业务在边缘云的下沉完全需要依赖与运营商的合作,把原来需要通过互联网或城域网分发和访问的业务,完全下沉到5G和固定网络的接入层。唯有此,边缘云才能发挥出真正的价值。因此,未来的边缘云市场大概率将更加依赖于运营商网络优势来实现进一步发展。

传统CDN厂商的核心价值是将数字内容智能分发到离用户更近的节点,进而提升整体分发效率,降低网络时延、节省带宽资源。以网宿科技为例,推动CDN向边缘云与安全方向革新,积极拓展私有云/混合云、MSP、数据中心

液冷解决方案三大新业务方向,缩减部分低价业务,转向毛利率更高的综合性服务。

可以预见,在三类CDN服务商中,电信运营商将凭借资源优势保持领先地位;传统CDN服务商由于没有云计算优势,其市场份额将逐渐被占有;头部云厂商也将进一步整合全产业链,赢得更多发展空间。

随着新型业务场景的不断涌现,CDN将演变为集网络、算力、存储服务于一体的基础设施。凭借着CDN的资源布局和技术积累,云厂商、传统CDN厂商和电信运营商作为边缘计算服务商又将进入竞合期。电信运营商凭借网络优势以及云服务经验未来还将在边缘计算领域保持领先地位。当前三大基础电信运营商为了解决不当竞争的乱象,不断完善对IDC资源和计费的管理,已出台了跨省流量结算的政策。但随着边缘云计算的发展,带宽需求将持续增长,并且主要体现在城域网内,也就是边缘节点和终端用户间的流量,边缘与中心云间的流量也将大幅增长,如何在边缘云和带宽资费上进行合理规划,期待运营商的答案。CWV



智慧城市 在县域级中的应用研究

■ 中移系统集成有限公司 支斌 张长江 高有军 李晶

加快推进智慧城市建设，是党中央、国务院为提升城市管理服务水平、促进城市科学发展作出的重大决策，是实施网络强国战略的重要抓手。智慧城市在实现城市可持续发展、引领信息技术应用、提升城市综合竞争力等方面具有重要意义。我国要实现全面小康社会的总体目标和“两个一百年”奋斗目标，就必须在智慧城市建设过程中弥补县域层面的不足，推动县域级智慧城市向信息化、数字化、智能化方向发展。当前县域级智慧城市建设有三种类型：一是加强机制创新，实现多方协同管理和服务；二是发展特色产业，全面推进供给侧结构性改革；三是改造基础设施，全面提升基础设施智能服务水平。

本文介绍了县域级城市在经济发展中的现状及发展方向，并对比分析了智慧城市在不同发展阶段的特点。在发展新质生产力的背景下，进一步分析了建设县域级智慧城市对社会转型、社会治理、城市管理、民生服务等方面的重要性和迫切性。同时，以甘肃省某县区为例，重点介绍了县域级智慧城市的建设架构（“1+1+1+N”）和技术应用创新，并展望未来县域级城市数字化转型的无限可能。

智慧城市发展现状分析

县域是国家行政组织机构的基本单元，上连城市下通乡镇，县域的发展不仅关乎大局，也是实现“两个一百年”奋斗目标的重要环节。党的十九大以来，我国在新农村建设、乡村振兴、城乡一体化等方面取得了丰硕成果，但县域内资源要素流动性不强、政务服务数据共享程度低、社会治理水平落后等问题依然突出，尤其是数字经济占比不高，经济结构急需调整优化。这些问题都严重制约了县域经济高速、高质量发展，县域级城市急需加快产业数字化、数字产业化步伐，积极与上级城市对接，向数字化、信息化、数智化方向发展。

综合考虑政策引领、技术推动、产业推进等因素，我国智慧城市发展可划分为四个阶段（如图1所示）。2008—2014年为探索期，各个行政区域按照各自智慧城市发展需求及展望提出初步建设思路，未明确建设标准及规模。2014—2015年为调整期，国家成立“促进智慧城市健康发展部际协调工作组”，多部门通力协作，联合指导各地智慧城市建设，并初步建立智慧城市相关评价体系，智慧城市建设从分散推进、无序发展的阶段进入协调布局、协

同联动的阶段。2015—2020年为突破期，智慧城市上升至国家战略层面，智慧城市在实现城市可持续发展、引领信息技术应用、提升城市综合竞争力等方面的重要意义愈加凸显。2020年至今为融合期，物联网、云平台、AI（人工智能）等技术，为智慧城市的发展壮大提供了新的“土壤”。未来，智慧城市的发展必将延伸下沉到县域，以智慧县域为“纽带”，在城市和乡镇发展中起到承上启下的作用，形成“数字乡村—智慧县域—智慧城市”的全域智慧化发展。

新质生产力下，县域级智慧城市建设的迫切性、必要性

公共服务能力不强，无法适应民众服务高效便捷的发展需要

高效便捷的公共服务需要政府构建上下贯通、横向协同的智慧城市平台，实现跨部门的数据融合、系统融合和业务融合。但目前县域级城市在大数据、AI、互联网等技术领域的应用实践不足，难以对全县经济运行、市场监管、社会治理、生态环保、能源利用、教育医疗、就业养老、社会保障等领域政务活动进行实时监测、深度研判，现有公共服务能力的“短板”更加凸显。



图1 我国智慧城市发展的四个阶段

城市建设现状与数据信息资源共享目标存在差距

县域级城市建设中的数据共享存在三个问题。一是部分政府数据依然留在各部门内部，没有实现数字化，转化为数据信息，使得已有政务大数据系统中的数据只是总体数据的一小部分，不具备太大的参考价值；二是结构化数据占据了系统中的绝大多数，一些应用范围更广、数据量更庞大的半结构化数据和非结构化数据并没有被采纳；三是政务大数据系统中的共享数据仍处于相对封闭的状态，仅在政府机关内部平台运行，未与人民群众的数据互联互通，平台建设情况与“城市建设互联互通、系统‘好用、实用’”的初衷有较大差距。

集约建设理念滞后，需形成统一基础支撑

甘肃省某县区大部分信息化系统建设以部门为单位进行，分散化、碎片化问题突出，且安全系统、运维系统等

重复建设问题也大量存在，亟须规模化、集约化、一体化统筹建设智慧城市平台，实现“跨领域、跨层级、跨系统”的数据融合，为各部门业务系统提供统一的数据分析能力、安全能力、通用组件能力和跨部门数据服务能力等，集约建设形成统一的基础支撑。

统一指挥能力不足，需建设运营指挥中心

甘肃省某县区各部门都有一套纵向垂直管理系统，但要将各个独立的“信息孤岛”横向贯穿，还需要建立一个跨部门、跨系统的信息平台，将不同部门、不同专业系统整合起来，发挥城市综合管理效益，并以信息技术作为“粘合剂”，将割裂的业务连接起来，弥补整合管理方面的“短板”。通过对各部门业务和信息进行整合，建立县域统一的运行体征监控体系，让城市管理者通过一个视图就能掌握城市全貌。

同时，将城市综合运行态势分享给各部门，帮助其更加有效地组织协调所分管的业务，并打通各部门的工作边界，建立统一的事件协调体系，全面提升城市综合管理水平和应急处置效率，为城市管理者提供综合决策支持。

县域级智慧城市建设架构

甘肃省某县区智慧城市项目建设以数字产业化、产业数字化为主线，按照“1+1+1+N”的总体架构模式进行（如图2所示）。“一朵云”用于县域级智慧城市各应用系统部署；“一中心”即新建指挥调度中心智能化配套设备及IOC（智慧城市智能运行中心）；“一平台”包括大数据平台、共享交换平台和CIM（城市信息模型）支撑平台，以及通过搭建视频云平台，打造城市AI平台，以数据汇聚治理为基础，构建智能化视频AI能力，提供CIM服务等基础性服务能力；行业应用系统包括智慧供热、智慧停车、智慧应急、智慧河湖、智慧交通等N个应用系统，涵盖社会治理、产业经济、社会建设、民生服务等方面。

县域级智慧城市建设的技术创新

一是实现数据资源的“聚、存、通、用、管”。“聚”是指聚数据、聚能力，将各部门、各领域、各类型数据汇聚、整合、融合应用；“存”是指存好源数据、留下新数据，加速多元数据整合，实现各种结构化、非结构化数据的高效率、低成本存储；“通”是指系统通、数据通，建立统一的数据处理中心，打通部门“壁垒”，推进数据跨层级、跨部门、跨业务的开放、共享和协同；“用”是指将数据服务于群众办事、政府治理，让群众办事更便捷、政府监管更智能；“管”是指管标准、管安全，科学、合理、规范地进行多元数据的整合处理，全方位保障海量数据的应用安全。



图2 甘肃省某县区智慧城市总体架构

二是实现通用服务能力的集约化提供。建设县域智能管理平台，将智慧城市应用建设由“烟囱式”的分散、重复建设模式转变为统筹、集约建设模式，各部门在通用能力基础上建设个性化业务应用，达到“花更少的钱，办更多更好的事”的效果。

三是实现市民生活便捷化。突出以人为本，实现信息惠民，打造县域智慧城市统一门户APP，提高公共服务智能化水平，提升公众生活质量和城市品位，建设“便捷、安全、开放、保障”的现代化县域智慧城市。

四是提升政府部门间的业务协同能力。建设运营指挥中心，实现城市运营监测数据、监控数据、统计上报数据、事件数据、任务数据的集中展示和智能分析，实现日常事件的综合指挥和全程可查看、特定事件的专项指挥和全程可调度，展现县域级城市积极向上、高效智能的管理治理形象。

县域级智慧城市建设的创新应用

1. 数字孪生系统

智慧供热模块可搭载GIS（地理信息系统）3D可视化运维系统，结合现场

快速采集技术，高效准确地建立供热系统的数字孪生（Digital Twin），提供一个可交互的虚拟供热系统，将实际运行数据与仿真模拟数据持续对比，预演关键安全事件的系统响应方案，实现精准仿真、控制和可视化运维，从而降低维护成本、提高维护效果，实现供热系统的智能故障诊断和智能调度优化。

2. 数据要素显性化

结合可视化IDE（集成开发环境），实现各系统数据元素的显性功能，不仅能调用IDE动态调整显示内容和样式，还能实现系统内大小屏幕之间的动态联动，实现数据“上卷”“下钻”等效果。

3. 地图倾斜摄影

通过无人机飞行控制技术，从空中对整个县域场景进行多方位拍摄，通过高效、专业的数据采集和处理，生成高精度的三维模型，形成全部县域的倾斜摄影效果，让用户可以从多个角度观察地物，更加真实地反映地物的实际情况，弥补基于二维地图和传统虚拟三维模型应用的不足。

4. 物联设备可视化集中接入

打造具备集成性、连接性、数据处

理、远程管理、自动化、智能化等功能的物联网可视化集中接入平台，有效解决多品牌、多厂商、多产品的统一接入问题，实现“搭积木式”的拖拽接入，提高系统的整体效率和协同工作能力。

甘肃省某县区智慧城市建成后，通过数字化手段，可有效提升政府的管理效率、减少政府机构间的信息交流成本、加快决策制定和执行速度；通过大数据分析技术，可提前预测和分析公众需求，做好服务准备，提高服务质量和满意度；通过物联网感知技术，实时感知和监测城

市运行数据，有效减少城市运行能耗、降低城市运行管理成本，同时提升县域资源利用率和管理效力、创新县域经济发展模式、促进产业结构优化升级。

结语

本文介绍了智慧城市从探索期、调整期、突破期到融合期的发展历程，重点分析了县域级智慧城市建设的迫切性和重要性，并重点阐述了县域级智慧城市的建设架构及技术创新应用。未来，县域级智慧城市建设应结合当地资源禀赋优势，因地制宜走差异化路线，充分运用县域级城市定制性和灵活性强的特点，不要盲目套用大中型城市的发展模板。同时，县域级智慧城市建设要深度对接上级智慧城市的总体布局，充分发挥县域级城市优势，逐步释放县域资源，避免“大而全”的建设内容，专注于“能用、好用”。

相信未来，依托大数据、AI等新一代信息通信技术，以及边缘计算、监控预警和多媒体等应用，县域级城市可以建设成为服务便捷化、管理精细化、生态环境宜居化、基础设施智能化、网信安全长效化的新型城市。CW



以网络赋能算力 构建智算时代新型基础设施

■ 中国电信股份有限公司研究院 雷波

2022年11月问世的ChatGPT以其高质量的语言生成能力、强大的文本理解能力以及广泛的应用场景，迅速成为业界关注的焦点，助力大模型成为AI（人工智能）应用新前沿。公开资料显示，截至2023年11月，国内至少有200家大模型厂商推出各自的大模型产品，其中通用及金融垂直领域大模型落地最快。随着AI技术的高速发展，以生成式大模型为代表的AI方案从专业技术领域渗透到生产生活的多个领域，各类智能化应用在经济建设、科技创新、生产力提升等方面扮演着越来越重要的角色。

为获取更好的模型性能，充分激活产业赋能效应，大模

型的参数规模逐步增加到万亿级，并逐步向百万级超长序列发展，促使大模型训练、微调、推理各阶段算力需求日益攀升，智算基础设施的重要性和价值进一步凸显。然而，在智算基础设施建设过程中，尚面临投资、能耗、技术、竞争等多重挑战，因此，兼顾技术可行性和经济可行性，利用网络资源禀赋提升算力效能，构建以应用为导向、资源融合为核心的算力供给体系，是智算时代构建新型基础设施的关键举措。

永无止境的算力需求

早期如围棋机器人AlphaGo等专用AI模型，其参数

量一般仅为百万量级。而第一代生成式预训练模型GPT-1的参数规模就已达1.17亿，GPT-2增加到15亿，GPT-3则扩展到1750亿，仅模型训练阶段所需算力当量就相当于1000PFlops智算中心训练3.6天。GPT-4的参数规模约为1.8万亿，折合算力当量为249个PD (PetaFlops-Day)，需要1000PFlops智算中心运行长达249天才能完成训练过程。

此外，在模型推理即日常运营阶段，人机交互带来的数据处理需求同样是一笔不小的算力开支。以ChatGPT为例，OpenAI前期发表的论文《Scaling Laws for Neural Language Models》显示，推理阶段算力需求是模型参数数量与训练数据集规模乘积的2倍，假设每轮对话产生500 tokens (约350个单词)，则每轮对话产生的算力需求为0.175PFlops，如果按照ChatGPT每日2500万的访问量，假设每次访问发生10轮对话，则所需算力为 4.375×10^7 PFlops。综合考虑有效算力比率因素，则ChatGPT每日对话实际算力需求约为 1.46×10^8 PFlops。在迭代微调阶段，即面向各类细分行业的大模型应用，算力需求与模型迭代速度存在正相关性，更快的迭代速度往往伴随着更高的算力消耗和更大的成本支出。

因此，大模型的蓬勃发展牵引着算力尤其是智能算力需求的快速增长。据英伟达测算，未来十年算力每年将增长4倍，十年以后累计增长100万倍。对于我国算力的发展，IDC和浪潮信息联合发布的《2022—2023年中国人工智能算力发展评估报告》指出，2022年中国智能算力规模达155.2EFlops，预计到2026年将达到1271.4EFlops。2021—2026年期间，预计中国智能算力规模年复合增长率达52.3%，同期通用算力规模年复合增长率为18.5%。我国算力结构的演化趋势进一步印证了以大模型为代表的智能化应用对智能算力的高度依赖，智能算力正在成为支撑AI稳步发展的新动力、新“引擎”。

作为智能算力的主要载体，智算基础设施的建设是大模型发展的重要环节。智算基础设施是指以GPU等AI训练芯片为主构建的智能计算服务器集群，包括计算、存储、网络等硬件基础设施，以及多样化的机器学习框架、算法和相关的工具软件等。随着AI大模型逐步进入稳健发展期，通过智算的生产、聚合、调度和释放，为AI应用提供更大的计算规模和更快的计算速度，提升单位时间单位能耗下的运算能力和质量成为核心诉求。

智算基础设施建设是一个长期过程，难以一蹴而就

国家信息中心联合浪潮信息发布的报告显示，“十四五”期间，在智算中心实现80%应用水平的情况下，城市/地区在智算中心建设投入方面的增加对创新产出的贡献率约为14%~17%。智算中心是服务于AI应用的数据计算中心，是智算基础设施的主要形态，如何建设支撑大模型发展需求的智算中心等智算基础设施，不仅涉及计算芯片、互联网络、节能减碳、开发框架等技术问题，还需要考虑投资成本、运营维护、升级演进等商业因素，同时兼顾技术可行性和经济可行性。

从技术角度讲，构建统一的超大型智算中心是最为理想的解决方案，该方案具有高效的数据处理能力和存储效率，可为广泛的应用场景提供强大的“算力底座”，但在实际过程中，该方案会遇到多方面的挑战和制约，在现阶段是难以实现的。

首先是投资成本的挑战。相比于超级计算中心（简称“超算中心”），虽然两者都需要大量的资金和时间投入，包括硬件设备购置、基础设施建设、软硬件平台开发等，建设周期往往从几个月到几年不等；但与超算中心涉及气象预报、地震模拟等国计民生领域不同，智算中心更关注产业智能化升级和潜在的经济效益，高额的投资成本将在一定程度上影响企业投资决策。但反过来讲，如果只考虑智算基础设施的出租业务，供应方仅需具备资本、土地和能耗指标就可以投资智能算力，入门门槛较低，因此已出现一批跨界而来的智算基础设施建设运营方。

其次是散热、供电等能源消耗的挑战。大模型是名副其实的“耗电大户”，某AI创新公司的联合创始人社交平台分享了与微软工程师的对话，微软工程师指出，GPT-6的训练集群项目之所以没有选择将训练集群集中在同一个区域，是因为根据尝试后的经验，在同一个区域放置超过10万块H100 GPU会导致电网瘫痪。在AI的成本结构中，电力是继芯片之后的又一核心成本。拥有1700多亿参数的BLOOM模型，仅前期训练阶段，耗电量就达到了43.3万千瓦·时，相当于我国400多人一年的用电量。参数规模更大的ChatGPT每天则需消耗50多万千瓦·时的电力来处理2亿用户的请求，相当于美国家庭每天用电量的1.7万多倍。因此，大模型的电力消耗也是智算中心规划布局的关键考量因素。

再次是技术路线的挑战。随着AI大模型的指数级增长，尤其是英伟达在GPU方面的技术及市场优势，让其IB（“无限带宽”技术）成为GPU服务器的首选网络互联方案。基

于单一或少数厂家的硬件、软件和服务解决方案构建的智算中心,将形成深度集成的技术体系,在后续升级、扩展、迁移时面临灵活度缺乏等问题,影响智算基础设施的可持续演进。

最后是行业竞争和技术“壁垒”的挑战。一是大型科技公司、电信运营商、云服务商等纷纷布局智能计算,行业竞争日趋激烈,部分企业凭借先发优势在产业链和市场上占据了极强话语权。二是我国高端智算芯片供应能力不足,即便花费大量资金也难以在短期内弥补硬件差距。

在资金、能耗、运维、技术、竞争等多重因素联动作用下,我国智算中心总体呈现小规模、多层次的发展态势,企业分地域、分时期、分阶段建设智算中心的现象较为普遍。为满足日益增长的智算需求,依托网络资源禀赋,将分散的智算中心资源进行整合,实现算力的高效利用和资源共享,是当前阶段突破算力供给难题的有效发力点。

利用网络能力提升智算基础设施效能

鉴于我国在短期内无法满足建设超大规模集约型智算中心的现状,可通过构建先进的网络基础设施,解决单点算力不足的问题,促进多地、多方、多时建设的智算中心间进行有效协同。

以机内互联提升单点算力密度

机内互联是通过先进的总线技术提升单算力节点内的GPU互联规模。例如英伟达NVLink 5.0技术具备1.8TBit/s互联带宽,支持百块卡级别的互联规模。目前英伟达已发布的DGX GB200 SuperPOD系统就在NVLink 5.0基础上,支持576个芯片的互联互通。国内厂商如华为、寒武纪也纷纷推出了自研的互联总线协议,通过国产化的总线技术实现机内互联。

以提升网络承载效率为目标的机间互联

以提升DCN(数据中心网络)承载效率为目标,打造满足超大规模、超低时延、超大带宽、超高可靠性需求的网络设施。当前业界主流的两种方案是IB和RoCE(基于以太网的无损传输),两者分别代表了高性能网络的两种不同建设思路,前者虽然能提供低时延、高带宽的网络,但生态封闭且成本较高;后者基于标准以太网,具有更好的兼容性和成本优势,但在性能方面还需进一步提升。目前,国内外也出现了一些新动向,例如致力于突破传统以太网性能瓶颈的超以太网联盟UEC,从物理层、链路层到软件层改进以太网技术,以实现大规模组网效率和性能的提升。

以长距组网技术实现多节点互联

将多个独立的智算中心通过网络技术互联成一个大集群,以实现跨数据中心的算力协同和资源共享。据报道,谷歌完成大模型Gemini Ultra的训练任务就采用了该策略。然而,针对单点算力不足的问题,通过长距离组网实现无损互联的商业解决方案还处于探索阶段,尚无法规模化应用。现有的IB和RoCE在实现长距离无损互联方面存在限制,未来还需“产学研”各界合力突破距离瓶颈。

以任务调度实现多集群协同

智算业务偶发性和可调度性特征为任务调配提供了基础。偶发性表现为智算任务在较长运行周期内仅短暂占用资源,其余时间无算网资源消耗;可调度性则体现在任务的算法依赖关系较为简单,如基于相同开发框架的大模型训练任务,易于迁移至同类资源池执行,与资源归属方或运营方的绑定关系较弱。因此,可通过特定的任务调度策略为用户业务匹配不同的智算服务集群。

目前来看,面向智算场景的任务调度策略主要有三类。

一是基于控制器对接的集中管控方案。此方案将集中的控制器与各个智算资源控制器接口对接,实现对全局算力资源的统一调度与管理。

二是基于路由协议扩展的算力网关方案。此方案通过对传统路由协议进行扩展,使其具备感知多方算力资源信息的能力,从而实现算力调度。例如中国电信研究院研发的算力网关,通过增强路由协议识别并引导数据流至最合适的算力节点,确保任务执行的高效与流畅。

三是基于DNS(域名系统)解析的算力互联网方案。该方案利用DNS域名解析机制,借助DNS系统解析请求,将任务透明传输至最佳算力提供方,打破地域界限,实现智算资源的互联互通与灵活调度。

以上述三种任务调度方案为基础,业界已成功开发出多种智算调度升级方案,有效地应对了智算中心算力不足的问题,实现全局智算资源在更广范围的高效利用。

结语

智算基础设施建设将有效促进AI产业化和产业AI化,是支撑数字经济发展的关键“底座”。基于短期内无法解决超大规模集约型智算中心建设的难题,可依托我国网络资源禀赋,采用机内互联、机间互联、多节点互联以及多集群协同的网络手段弥补单点算力差距,充分释放每个智算单元的浮点运算能力,催生数字经济新动能。



“后400G”全光网技术创新及演进

■ 中国移动通信有限公司研究院 张德朝 曹珊 左铭青 王东 李晗 段晓东

光传送网是综合承载各项业务的信息“大动脉”，是整个信息基础设施的“承重墙”。面向“东数西算”、“东数西存”等算力网络典型场景需求，中国移动构建了基于“400G+OXC（光交叉连接）”的新型全光网，夯实算力网络全光底座。面向“后400G”时代，技术难度、芯片器件要求进一步提升，超高速光传输在传统骨干网追求大容量、长距离的基础上，从新场景、新系统、新介质等多个维度开展技术研究。

400G是复杂的系统性工程难题。相比100G时代，400G面临器件速率提升4倍、频谱宽度提升3倍系统SRS功率转移提升6dB等新的技术挑战。中国移动协同产业合作伙伴从器件、模块、系统等维度开展技术攻关，实现了100G到400G的代际性技术突破，提出基于QPSK（正交相移键控）低阶调制、130GBd高波特率、“C6T+L6T”超宽谱的新型400G骨干网技术体系以满足1500km超长距传输，发布了目前世界最长距离（5616km）400G光传输技术试验网，推进

实现三大400G长距传输世界纪录,全面论证了400G QPSK技术路线的优势与可行性。

近日,中国移动贯通“北京—内蒙”全球首条400G省际骨干网链路,正式开启骨干400G OTN(光传送网)全光网络规模商用元年。面向400G技术的未来发展,后续应进一步推进“C+L”一体化器件,简化光层系统复杂度,优化系统的SRS自动管理能力。

未来,针对光传送网进一步向更高速率、更大容量、更长距离的光传输技术演进,以及传统实芯光纤面临固有的时延极限与非线性香农极限,“产学研”应协同从重用性技术、延长线技术、颠覆性技术三大维度开展“后400G”关键技术研究。

重用性技术: 面向数据中心互联的中短距800G

国内外正在推进64G波特率的短距400G,用于数据中心间的高速光互联。400G超长距骨干网的应用拉动了130GBd波特率技术、器件和产业成熟,为百千米内800G部署扫清了物理层最大难题,推进数据中心间高速互联等大容量、中短距传输场景向800G演进。当前,基于16QAM码型可重用400G时代130GBd波特率产业链,在“G.652.D光纤+纯EDFA放大+满波配置”的系统模型下,已实现880km的满波极限传输。通过重用超长距400G在130GBd高波特率器件、“C6T+L6T”宽谱光层、超宽谱SRS功率均衡等方面的技术创新成果,将快速推动面向数据中心间高速互联的中短距800G技术和系统成熟。

延长线技术: 超高速多波段传输

从光通信的代际技术发展来看,在系统容量增长的同时满足长距离传输需求是基本要求。因此,沿着当前技术发展路线,进一步提升单通道速率并扩展可用波段是实现该要求的主要手段。

光电器件需支持200GBd量级波特率,以满足“后400G”时代单通道速率提升对应的长距传输能力需求。从单波速率来看,130GBd代际采用基于概率星座整形的DP-64QAM调制格式,最高可支持1.2Tbit/s单波速率,但其传输性能在满足现网工程运维余量条件下仅可支持短距数据中心光互联场景。

中长距和超长距光传输需采用更高波特率和低阶调制格式。参照400G传输模型初步估算,单波800Gbit/s系统需

要达到200GBd波特率才可满足中长距传输(约1000km)需求,达到260GBd波特率大约可满足超长距传输(大于1500km)需求。若单波速率进一步提升到1.2Tbit/s,则需要达到200GBd波特率以满足城域传输(小于600km)需求,260GBd波特率大约可满足中长距传输需求。

当前,海外机构和厂商已可实现256 GSa/s高速AD/DA(模数数模转换)和Serdes(解串器),并在向超300 GSa/s演进。未来在技术上应进一步推动200GBd及更高波特率的调制器、接收机、AD/DA、Serdes、TIA等核心光电器件的演进与发展。

Tbit级高速传输单纤是否仍需满足80波以上的容量要求是未来需要明确的技术策略。光层系统需在“C6T+L6T”基础上扩展新的波段,以满足“后400G”时代单通道波特率提升对应的单纤大容量传输需求。当单波波特率达到200GBd以上时,通道间隔对应增加到225GHz~275GHz。若继续保持80波方案,系统频谱总宽度将达到18THz~22THz,即仍需在当前400G系统采用的12THz“C6T+L6T”方案基础上新扩展6THz~10THz频谱。

在C与L波段外,相邻可用波段有S波段(1460nm—1520nm)和U波段(1630nm—1675nm)。系统波段的扩展需要综合考虑光纤、放大、发射接收等光层核心组件的频谱情况。从光放大器的角度看,S波段与U波段均无成熟的掺杂光纤放大器。但是,S波段光放大已有较多实验室研究报道,存在掺铈氟硅酸盐光纤和掺铋石英光纤两条技术路线,基本可以达到6THz以上的增益宽度和25dB以上的增益,具有向商用演进的前景。从发射接收的角度看,InP方案仅能支持C/L波段,TF-LiNbO方案则具备向“E+S+C+L”演进的能力。因此,TF-LiNbO调制器结合S波段具备一定的发展潜力。

除单波速率和扩展波段外,光纤也是影响传输性能的主要因素之一。对于当前单模光纤的衰减谱,S波段和U波段具备基本相当的损耗特性。采用G.652.D光纤,受传输损耗、非线性和受激拉曼散射的影响,传输距离难以超过600km;而采用G.654.E光纤,由于更低的传输损耗、更大的有效模场面积和更低的受激拉曼散射,传输距离可延伸30%以上。考虑到更高的单波速率和更宽的频谱,在复杂的线性与非线性传输损伤耦合相互作用下,G.654.E在“后400G”时代具有更广的应用前景。

但需要注意的是,“后400G”时代频谱的进一步扩展也给已有的G.654.E光纤带来全新挑战,一是目前ITU-T定义的G.654.E光纤截止波长为小于1530nm,在S波段以及C6T波段的短波处光纤不再具备理想单模模特性,由此产生的模

间干扰将成为光通信系统的新型传输损伤, 需要将截止波长延伸至1470nm; 二是此前G.654.E光纤未考虑低水峰的工艺设计, 这将显著增大S波段传输损耗, 形成对G.654.E光纤原有衰减优势的抵消。

由此可见, 面向“后400G”时代的新波段扩展, G.654.E截止波长、消水峰等特性及C波段外的关键技术指标需进一步研究。

颠覆性技术：空芯光纤及其传输系统

鉴于实芯单模光纤已经趋近非线性香农极限, 提升传输容量面临边际效应, 光通信容量慢增长与信息流量快速增长间的矛盾日益凸显, 亟需探索全新的光纤理论体系。面对这一重大挑战, 反谐振空芯光纤基于反谐振理论, 以空气替代实芯石英介质, 有望从根本上破解非线性香农极限带来的通信容量瓶颈。

反谐振空芯光纤在导光机理和结构上的变革为其带来了四项优势: 一是空芯光纤中光速约为实芯单模光纤中光速的1.5倍, 接近真空光速, 可降低1/3通信时延; 二是空芯光纤非线性系数相比实芯单模光纤可降低至少3个数量级, 从而大幅提升光纤容量; 三是空芯光纤理论衰减小于实芯单模光纤理论衰减极限, 可显著延长光纤通信距离; 四是空芯光纤的可用频谱可至少扩展至390nm, 具备跨波段应用的巨大潜力。

反谐振空芯光纤的包层结构经历了多次演变。第一根反谐振光纤在2002年由巴斯大学提出, 包层采用竹篮型(Kagome)结构。2010年, 巴斯大学汪滢莹和Benabid提出内摆线结构, Kagome光纤损耗降至40dB/km。2011年, 俄罗斯科学院Pryamikov和Kolyadin等人提出单圈管式包层结构。2017年, 优化后的单圈管空芯光纤损耗降至7.7dB/km。2014年, 中科院物理所与北京工业大学丁伟、汪滢莹团队首次给出反谐振导光模型, 并于2017年进一步完善为可定量分析的多层反谐振模型, 指出降低损耗的最佳途径是增加包层玻璃壁层数。巴斯大学和南安普顿大学团队同期分别提出嵌套管式空芯光纤(NANF)结构, 并预测超低损耗特性。在理论研究的基础上, 2018年中科院物理所与北京工业大学丁伟、汪滢莹团队研制出第一根多层玻璃壁空芯光纤, 取名“连体管式光纤”, 损耗2dB/km, 打破当时纪录。2018—2020年, 英国南安普顿大学ORC中心的空芯光纤小组研制出6节点嵌套管的NANF-6光纤, 损耗降至0.28dB/km。2024年, 该小组继续优化得到5节点双层嵌套管空芯光纤(DNANF-5), 并给出损耗降至0.11dB/km的最新进展。至

此, 反谐振空芯光纤在损耗上已经超越了实芯普通单模光纤的理论极限。

在基于空芯光纤的光通信系统研究方面, 2019年, 北京大学联合北京工业大学和中科院物理所完成了220m低损耗连体管空芯光纤10Gbit/s速率传输, 阐明了反谐振空芯光纤在模式纯度和低损耗两个方面的优势。2020年, 南安普顿大学将反谐振空芯光纤的传输窗口扩展到O-L全波段。2022年, 意大利都灵理工和南安普顿大学在实验室搭建空芯光纤环路, 将数据传输的距离提高到4025km, 再次证明空芯光纤的优异性能。2021年, 暨南大学联合南京大学展示了反谐振光纤中偏振模纯净的优点, 可用于高保真的量子态传输。2022年, 中国移动联合北京大学、暨南大学, 实现了在200m反谐振空芯光纤上单波5W量级入纤功率的超高速实时传输试验, 支持了空芯光纤超低非线性损伤传输的理论。同年, 中国移动联合北京大学、暨南大学, 提出基于高阶调制非线性相移估计的空芯光纤克尔非线性系数测量理论, 首次实现了空芯光纤克尔非线性系数的上限测定。2023年, 中国移动进一步提出利用空芯光纤的超低背向瑞利散射机理, 开发方向维度, 首次实现基于光纤的无损同波长单纤双向超高速传输。

面向反谐振空芯光纤及其通信系统, 未来应从光纤、系统、标准化等方面攻关: 一是深入研究空芯光纤损耗物理损伤机制, 以及千米级控制中微纳精度复杂结构调控, 攻关反谐振空芯光纤结构设计; 二是从反谐振空芯光纤的全新关键参数特性出发, 自下向上重构信道模型, 研究匹配反谐振空芯光纤新型物理机制的光器件、光算法与光系统; 三是突破反谐振空芯光纤大规模工业化制备难题, 通过标准化进程引导方案归一, 加快应用进展。

站在400G骨干网已正式商用的全球光通信领域重要发展节点, 后续应进一步推动“C+L”光层一体化演进与SRS效应管理技术研究, 这是促进400G技术更加完善需要解决的关键问题。面向“后400G”时代技术发展, 短期内可基于400G QPSK产业链, 加速中短距单波800G技术成熟, 满足数据中心互联或城域网场景应用需求; 中期需体系化开展更高波特率、更宽频谱的超高速多波段系统技术研究, 实现面向骨干网应用的超长距、大容量800G/B800G技术攻关突破; 长期来看, 受制于单模实芯光纤固有的时延极限与非线性香农极限, 需围绕具备技术颠覆性的反谐振空芯光纤及通信系统展开前沿研究, 探索“下一个五十年”的光通信产业发展方向。CW

基于OXC技术的超级光放站在Y省省干OTN系统的应用

■ 中国移动通信集团云南有限公司 李灿 庄健 谢江平 杨翼帆

随着K市、Y市、C市等市州一体化算力网络省级枢纽节点的建成，以及其他市州次级算力节点等多级算力中心体系的建成，本着“算是核心、存是基石、运是纽带”的理念，Y省运营商结合算力网络建设需求提前进行网络架构优化，提升算力枢纽间的网络能力。在省干OTN（光传送网）系统上率先落地超级光放站技术，全面打造基于“OTM（光复用终端）+OLA（光线路放大）”双重调度的全光算力运力网。

Y省内干线OTN系统面临的挑战和痛点

目前，Y省内干线OTN系统已覆盖全省16个市州，以K市为核心，大部分地州单点环形结构组网，Y省运营商基于OXC（光交叉连接）技术200Gbit/s省干系统，采用ROADM（可重构光分插复用器）+OXC技术组建200Gbit/s系统，保护方式采用OLP（光纤线路自动切换保护）或SNCP（子网连接保护），具体如图1所示。

由于传统的无线与家宽等业务流向固定、清晰，全部为南北向流量，因此传统省干按照“市核心-省核心”传送以及“省

核心-省核心”调度架构建设。随着泛在算力应用需求进一步向区域边缘的分布式计算和用户侧智能终端延伸，东西向流量占比越来越大，当前组网架构不能很好地满足算力节点之间跨地域大带宽、低时延、高可靠的确定性运力服务要求。

省内干线OTN系统存在以下痛点：一是利用率不均，热点区域业务量大，少量链路带宽占用率高，网络容易拥塞，导致整网波长利用率不均匀；二是调度不灵活，各市州超大环形组网，市州之间业务需全部绕行到K市，导致业务时延高，且跨区域业务调度不灵活；三是可靠性不高，各市州到K市东西向环形组网难以抵抗多次断纤、多点失效，对业务影响较大。

超级光放站技术原理及关键技术概述

在传统省干架构中，网络结构以省会为中心，以区域环网为主，市州之间业务的访问存在高时延、低可靠、联算复杂等一系列问题。为解决此类业务难题，可在现有网络架构上针对光缆汇聚点升级传统光放站，打造超级光放站，增强多方向调度能力，进而打造省干品质连算能力。

如图2所示，超级光放站的应用场景分为以下3类：一是不同环网相同局址，同址OLA站升级OXC，打通跨环调度；二是不同环网相邻局址，异站OLA站升级OXC，增加跨环直连路由，打通跨环调度；三是相同环网不同设备，异站OLA站升级OXC，增加环内直连路由，多方向调度。

OXC是基于光背板技术和高密度光连接器技术的高集成度可重构光分插复用器ROADM设备。OXC光背板使用光纤编织技术，把复杂的光纤集成在一块全光背板上，降低了原有ROADM网状网连纤的复杂程度，其主要功能是完成光波长信

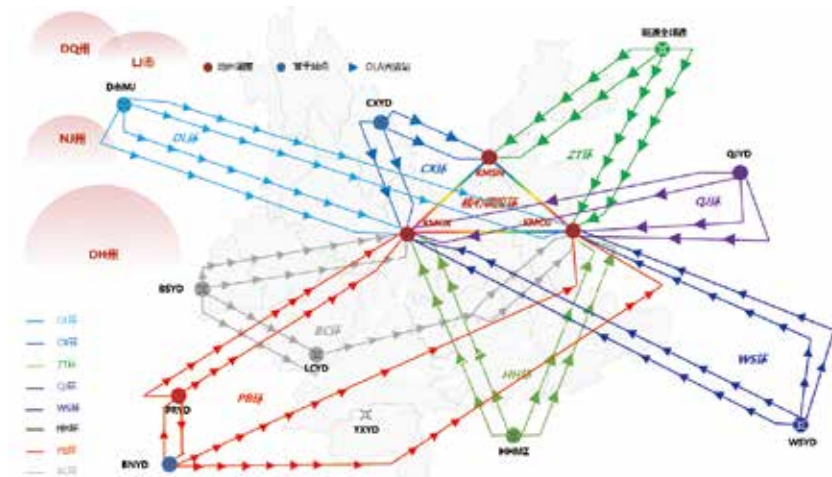


图1 Y省运营商基于OXC技术的200G省干系统

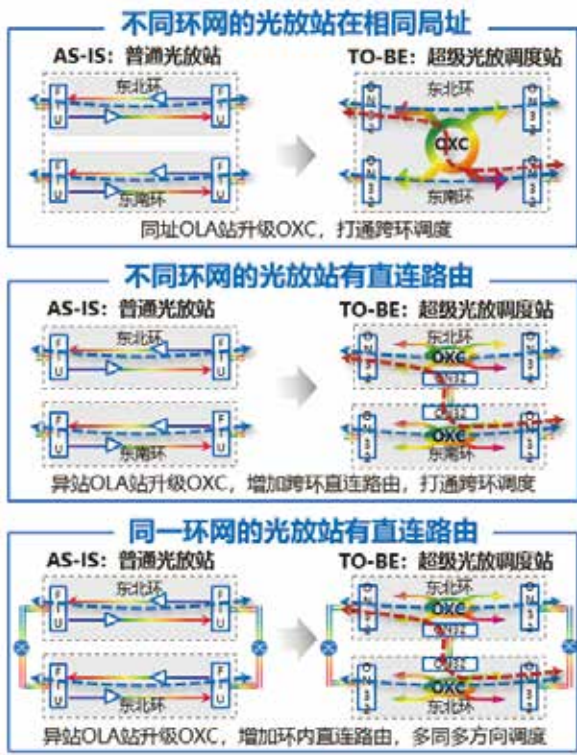


图2 超级光放站应用场景分类

号的引导连接。OXC光线路板高度集成了光监控信道(OSC)、合分波、光线路放大器以及线路维度波长选择开关(WSS)的功能,实现1个槽位和1块板卡解决1个线路维度的所有问题,其主要功能是实现方向无关的波长分插、调度和复用。

相较传统ROADM技术,OXC由管理控制单元、光交叉连接矩阵、输入接口、输出接口等模块组成,高集成度的运用使得OXC具有以下优点。

首先,借助高集成和高可靠的全光背板以及极简的架构设计,运用集成式的光背板来构建全光交叉的资源池,免除内部复杂的连纤,节约传统光层建设方式中各路光方向之间的跳纤,保证单板即插即用,大幅降低了运维的难度。

其次,LCOS(液晶覆硅)技术成熟,单个像素失效对波长交换无影响。LCOS是一种相位调制器(由2D像素组成),基于液晶分子的排列,由VLSI芯片提供电压矩阵控制。波分光束通过透镜光路入射到衍射光栅上之后按照波长呈不同角度衍射,衍射过后的空间色散光通过透镜反射到LCOS芯片上,LCOS芯片晶体通过控制每个晶体像素的电压,使得不同区域中的像素形成周期性的相位变化,得到了锯齿形

的相位光栅。根据光栅周期不同,不同波长的光+1级衍射角度不同,通过计算不同波长和所需不同+1级衍射角度的对应周期,通过电压控制晶体衍射角度周期,可将不同波长的光衍射到任意需要的端口方向。

最后,OXC通过光背板无源设计、电源分区、主控/风扇/PIU(电源接入单元)“1+1”备份,大幅降低因设备本身问题导致多项业务中断的概率,同时通过合理的供电规划来避免因机房以外掉电导致失效的概率。此外,OXC除了原有的OLP(光线路保护)、ASON(智能光网络)等丰富保护特性外,还增加了WD(波长识别跟踪)、MON(光背板插损检测单元)、OFDR(光学频域反射仪)等故障快速定界特性,能够帮助业务快速恢复。

超级光放站在省内干线OTN系统的应用

超级光放站选点原则

在对省干站点位置以及光缆路径进行分析后,结合算力业务的流向及在最大程度不影响现网业务的前提下,基于最适合省内的选择原则,得出的逻辑选点如图3所示。一是选择多方向的光缆汇集点的OLA站点,出局光方向数 ≥ 3 ,具备多方向灵活调度的基础条件;二是选择区县及以上层级机房的OLA站点,机房条件较好,具备部署安装OXC光层设备条件;三是在不改变现有OMS(光复用段)1+1保护方式及网络架构情况下,所选择的OLA站点可作为分界点,具备OMS分段的条件(可分段配置OMS 1+1保护)。

方案思路

Y省运营商协同4个省级数据中心、14个市级数据中心的建设,科学布局算力网络,构建覆盖全省、绿色集约的“云-边-端”三级算力体系,实现算力资源的跨地域、跨层级、跨场景的灵活调度,持续优化、降低时延,打造全省“5ms时延圈”,整体改造方案思路如图4所示。

在站点分布方面,该方案梳理光缆汇节点,从普通光放站

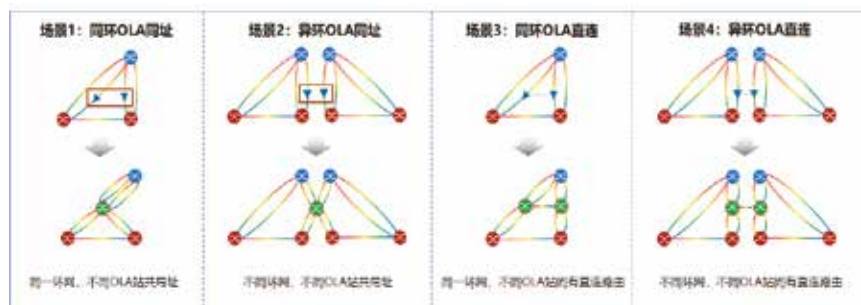


图3 超级光放站选点原则

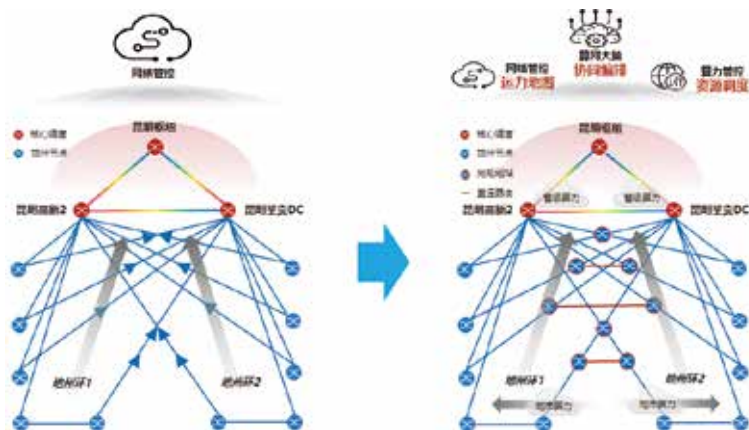


图4 Y省内干线OTN系统改造方案

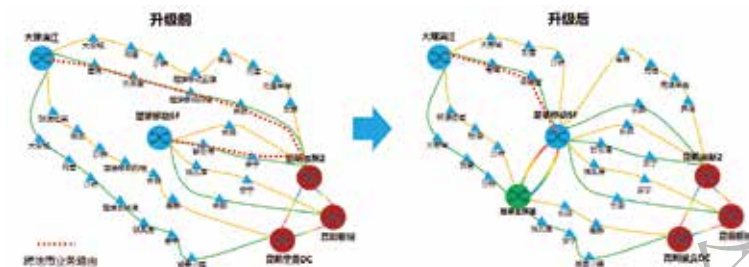


图5 CX州超级光放站落地方案

升级到超级光放调度站，打通跨区与省干环网连接路由，实现省干OTN网络架构的立体化和网格化，通过“去行政化”，让地市之间的连接尽量避免绕行省会城市，减少路由迂回，以降低端到端业务时延。

在调度方面，该方案采用“OTN+OXC”构建全省光电融合业务的大容量资源池，实现多子架间的资源共享、多个线路方向间的业务灵活调度与快速疏导，配合全网升级至ASON，保障故障快速定位与路由恢复，业务可靠度可达99.999%。

现网案例分析

结合算力业务诉求以及省干OXC部署现状，省内提出加速省干优化升级，打破传统调度方式，满足异地企业和各算力中心之间的高效互联。为满足多方向复杂流量流向业务需求，以及支持快速敏捷的算力接入和智能化调度能力，在省内部分光放站节点进行全光交换OXC改造，在国内首次实现光放站具备光层按需调度的能力，CX州超级光放站落地方案如图5所示。

DLMJ站点-KMGX链路：将CX移动五楼、CX移动四楼融合放到CX移动五楼原OXC站点，并扩容2个光线路方向，升级成超级光放站。

DLMJ站点-KMCG链路：将CX移动四

楼、CX全球通融合放到CX全球通站点，升级成超级光放站。

CX移动五楼新增光方向与CX全球通光层进行打通。

CX移动五楼原P32子架新增3块ON20P；CX全球通新增1台P32C，新增3块ON20P。

该项目实现两大收益：一方面时延降低，实现DL环与CX环的OXC全光交叉打通，“DL-CX”业务无需再到省中心K市绕行，成功实现以算力节点为中心，网络架构极致扁平化，大幅优化端到端跨地市业务时延；另一方面实现资源节省，该方案节省省干重要机房80%的占用面积，并降低50%的光纤资源消耗，在提升网络承载能力的同时，大幅减少整网能耗。

C市超级光放站的落地标志着“数字云南”网络基础底座的联算品质提升走出了关键一步，充分验证了在算力网络时代传输网骨干底座为匹配算力业务灵活发展而持续演进。为将全光运力网络和云算资源充分融合，达到“网络‘传得稳、传得快’，数据‘存得好’，计算才能‘算得快’”的目标，Y省运营商将持续在省干关键节点进行超级光放站的布局，真正实现全业务的灵活调度。全省超级光放站落地方案如图6所示。

在算力接入广覆盖和流量/流向多样性的挑战下，承载网骨干层需要更灵活泛在的连接能力。Y省运营商通过将传统光放站升级至超级光放调度站，打通跨环调度，优化网络架构，夯实全省5ms时延全光运力网络，真正提供算力枢纽之间低时延、高可靠、大带宽的全光调度网络服务，让算力如水电一样按需取用，打造“一点接入、即取即用”的社会级服务。^[44]

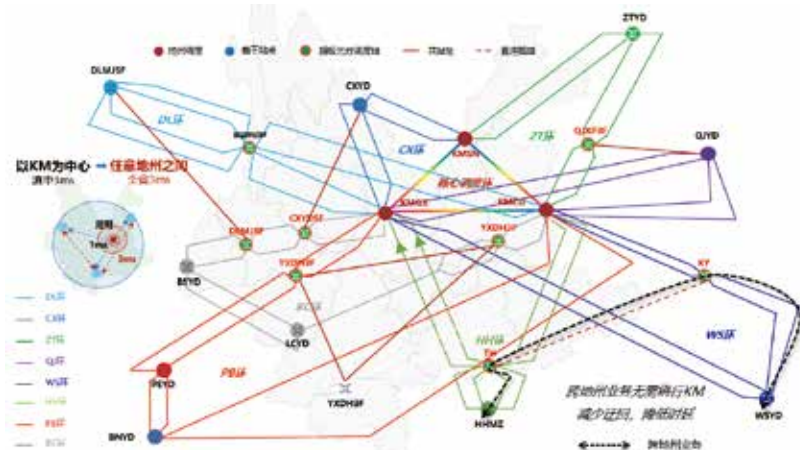


图6 Y省超级光放站落地方案



应用于数据中心运维管理的 BIM轻量化技术

■ 中国电信股份有限公司北京分公司算力中心运营部 刘嘉宁 张帆
中通服软件科技有限公司 赖远东

随着云计算、大数据、人工智能的发展，数据中心已成为支撑现代信息服务的基础，但数据中心规模的扩大和运维任务的复杂化使得传统运维方式难以满足需求。当前，可视化运维已成为提高运维效率和质量的重要手段，但传统的3D可视化建模复杂、成本高昂，限制了其广泛应用。BIM（Building Information Modeling，建筑信息模型）轻量化技术通过简化BIM以支持在普通终端设备上的浏览，为数据中心的3D可视化提供了有效解决方案。

BIM作为一种多维信息模型，广泛应用于建筑工程的设

计、建设和管理。但BIM具有复杂性且数据量大，使得在移动设备或低性能计算机上的处理及加载变得困难。本文将探讨BIM轻量化技术在数据中心运维管理中的应用及其带来的效益。BIM轻量化技术通过模型数据的优化和简化，不仅减少模型文件大小，提高处理速度，而且降低计算和存储压力，还扩展了BIM的应用范围并简化了其使用方法。轻量化处理包括数模分离、三维数据压缩等步骤，最终实现在不损失重要信息的前提下缩小文件体积，支持模型在多平台的高效运用。



BIM轻量化引擎的技术原理

BIM轻量化引擎的技术策略

就技术策略来说, BIM轻量化引擎产品有两种主流选择: 传统的ActiveX插件技术和WebGL技术。由于技术老化和存在严重的安全问题, ActiveX插件技术逐步被淘汰。以WebGL技术作为支撑的BIM轻量化引擎呈现出最新的科技发展趋势, 其优点在于没有数据安全方面的问题, 可以适配各种Web浏览器和移动APP应用, 被公认为目前BIM轻量化引擎的最优选择。

WebGL技术能利用浏览器中的WebGL引擎, 通过JavaScript调用GPU(图形处理器)实现三维图形的渲染, 从而实现BIM的轻量化。主要的技术手段有几何压缩、模型

转换、LOD(细节层次)等, 这些方法可以实现BIM在几何实体、承载信息、构建逻辑等方面的精简、转换、缩减。

基于WebGL的BIM轻量化引擎工作机制

通过运用WebGL技术, 轻量化BIM引擎能在保证BIM数据完整的情况下将BIM轻量化, 进而使BIM在Web浏览器或APP中更快速地加载和使用。WebGL对BIM进行轻量化处理的具体步骤如图1所示。

●数据与模型的分离

BIM的数据主要包括三维几何数据和非几何数据(如模型结构属性等)。首要的步骤是, WebGL轻量化BIM引擎需要将这两部分数据进行拆分。经过这种操作, 原始BIM文件中的非几何数据(约占20%~50%)被剥离, 生成数据文件供BIM应用开发使用。

●三维几何数据的轻量化处理

在剥离非几何数据后, 剩余的三维几何数据需进一步进行轻量化处理, 以减小数据量, 减少客户端计算机的渲染计算量, 从而提高BIM模型下载、渲染和功能处理的速度; 主要包括以下步骤。

一是采用参数化或三角化几何描述。通过参数化或三角化几何描述, 减小三维几何数据的文件大小, 使其符合模型数据最小化。

二是利用相似性算法缩减构件存储量。在BIM中许多构件具有同样的形状, 只是处于不同的位置或角度, 此时相似性算法就能够用于合并数据, 即保留一个构件的数据, 其他相同的构件只需要记录其引用和空间坐标。这样可以有效地减少存储量, 实现轻量化目标。

三是建立符合场景远近原则的多级构件组织体系。单个大的BIM极可能拥有大量构件, 全部在Web浏览器中下载和加载是不现实的。考虑到实际观察BIM的视野范围相对有限, 可以创建一个符合场景远近原则的多级构件体系, 使得在观察模型时, 远处可以看到全景而忽略细节, 近处可以看清细节却无需看到全模型。这种方式能优化BIM在Web浏览器的加载速度和用户体验, 解决大型BIM的轻量化问题。

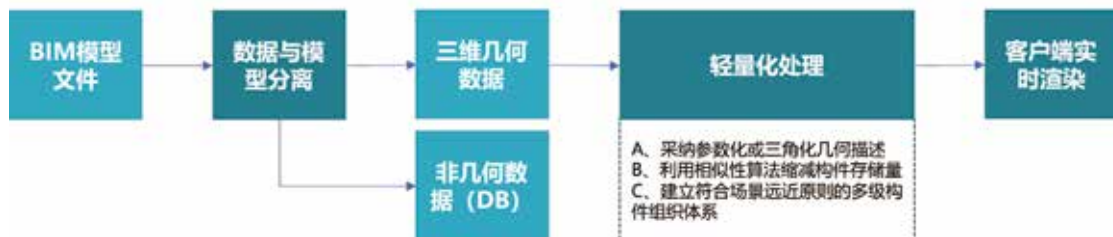


图1 WebGL对BIM进行轻量化处理的具体步骤

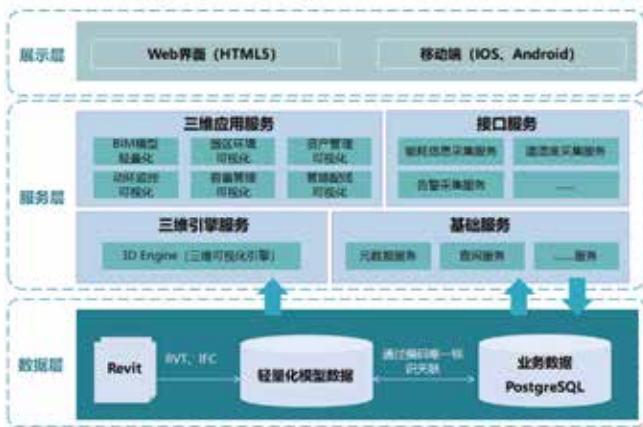


图2 基于BIM轻量化技术的数据中心可视化运维平台

●三维几何数据在Web浏览器或APP端的实时渲染及管理

WebGL轻量化BIM引擎需要实现对三维几何数据的实时渲染，这个过程包含以下步骤。一是从服务器将三维几何数据下载到客户端电脑或移动设备的内存。二是调用客户端电脑或移动设备的内存、GPU，高效实时渲染三维几何数据，还原三维BIM。三是通过API接口调用，实现对三维BIM及其构件的操作、管理以及功能导出。

基于BIM轻量化技术的可视化运维平台

在利用BIM轻量化技术的同时，中国电信设计并构建了一款新型的数据中心可视化运维平台架构，如图2所示。该架构突出了在数据中心运维管理中应用BIM轻量化技术的重要性，即如何使用轻量化的BIM来实现真实环境及其变化的实时可视化，进而优化运维管理过程。下面将详细介绍这一架构，对于各个层面的设计思想和功能进行深入解析。

数据层

数据层通过专业的设计软件Revit进行精细化建模，运用BIM轻量化引擎处理原始的RVT（实时视频传输技术）文件或导出的标准IFC文件，然后存储到BIM模型数据库中。同时搭配PostgreSQL进行业务数据的管理，在设备编码与三维图形之间建立关联。数据层的主要功能包括三部分。

一是BIM轻量化处理。运用BIM轻量化引擎对原始的RVT文件或导出的标准IFC文件进行处理，将庞大的BIM转换为轻量化的数据格式，以便于存储和展示。二是数据存储。将轻量化处理后的BIM和业务数据存储在不同的数据库中，形成BIM模型数据库和业务数据库。三是数据关联。通过设备编码与三维图形之间的关联，实现对设备信息的快速查询和定位。

服务层

基于Spring Boot开发的服务层满足Spring Cloud微服务架构，并通过服务方式对外提供能力。平台中的基础服务可以提供基于数据中心对象的元数据管理方式，实现对机房实体属性的快速管理。三维引擎服务则完成三维可视化引擎平台的建立，使其能有效对接Revit，从而对轻量化后的模型进行快速展示。服务层的主要模块包括四部分。

一是基础服务。提供基于数据中心对象的元数据管理方式，可快速实现机房实体属性的管理。基础服务包括设备信息管理、空间信息管理、人员信息管理等功能，为上层应用提供基础数据支持。

二是三维引擎服务。实现三维可视化引擎平台搭建，能够与Revit有效对接，对轻量化后的模型快速展示。三维引擎服务包括三维场景渲染、模型交互、动画展示等功能，为用户提供直观的三维效果展示。

三是三维应用服务。基于轻量化模型，实现各种应用的展现，如数据中心园区环境可视化、资产管理可视化、动环监控可视化、容量管理可视化、管路配线可视化等。

四是接口服务。对接外围系统，接入动力、制冷、安防等系统，获取各接入系统的运行数据，保障机房内设备监控数据的准确及时。接口服务为平台与其他系统的交互提供了标准化的接口，实现了数据的共享与同步。

展示层

展示层使用BIM轻量化引擎、VUE、Three.js等技术，实现在浏览器以及手机端的三维展示。展示层的主要功能包括三部分：一是三维场景渲染，利用BIM轻量化引擎和Three.js等技术，在浏览器和手机端呈现数据中心的三维场景；二是模型交互，提供对三维模型的操作功能，如旋转、缩放、移动等，方便用户对模型进行观察和分析；三是数据展示，将业务数据以图表、文字等形式展示在三维场景中，帮助用户更好地理解数据和作出决策。

通过上述分析，可以清晰地看到，BIM轻量化技术在数据中心运维管理中显示出巨大潜力，能够应对BIM模型体积庞大和处理效率问题，提高数据中心的可视化管理和监控效率。通过构建基于BIM轻量化技术的数据中心可视化运维平台，以实践证明其在运维管理中的高效性与必要性。尽管存在挑战，如模型压缩的无损性、高效的三维数据轻量化处理等，BIM轻量化技术的应用前景仍然被看好。随着技术的进步，BIM轻量化技术有望为数据中心运维管理提供互动性更强、更高效的新路径，进而带来革命性的变化。

基于“零信任”理念的云安全防护策略研究

■ 中移（苏州）软件技术有限公司 施君宇 曹含磊 江俊桦

随着产业信息化进程不断加快，用户对云应用和数据的安全性提出了更高要求。云计算时代针对云上高价值数据的网络攻击也愈演愈烈，传统的网络安全模型和网络攻防策略多为被动防御，已难以应对当前挑战。

为此，业界需要采用更为积极的主动安全策略，其中基于“零信任”安全理念的研究便是方向之一。本文将深入探究“零信任”的两种实践方案，并结合安全事件，分析其在远程访问、安全上云、病毒攻击等场景中的应用价值。

公有云网络安全形势

公有云资源节点众多，业务具有多样性且规模巨大，传统的网络安全模型在应对新型云化业务时逐渐显现出安全能力不足、运维管理复杂、权限设计宽松等不足。一方面，公有云的分布式计算与存储、多层次服务模式、动态可扩展性、异构性、资源池化等，使得传统网络安全问题随着系统规模而扩大；另一方面，云平台中存放的海量数据、多种服务协议与标准以及前所未有的规模化与复杂性，对安全保障提出了更加广泛、严格的要求。

将“零信任”网络安全模型引入公有云，研究建立云计算环境下SDP（软件定义边界）安全解决方案，是适应行业发展形势和云计算内在安全需求的重要探索。从用户的角度来看，“零信任”网络安全在云服务中的实践，将进一步减少DDoS（分布式阻断服务）攻击、端口扫描、暴力破解、勒索病毒、挖矿病毒等安全事件的发生，用户可以获得可靠、高质量的云服务资源。从云服务提供商的角度来看，云平台架构向“零信

任”的演进，将推动云服务提供商建立公正、可操作的用户信任体系，也将引入一套有效评估云服务安全风险的方法。

近年来，网络攻击随着产业数字化发展愈演愈烈，相关勒索事件层出不穷。例如2023年11月，工商银行在美全资子公司ICBCFS在官网发布声明称，由于遭勒索软件攻击，部分系统发生中断。笔者所在团队接触的云服务用户，近年也有大量被攻击的案例。例如2023年8月，内蒙古某银行云主机遭遇暴力破解且被成功登录，黑客加密了重要业务数据库，造成了严重损失。而技术服务团队事后复盘发现，该客户同样未对暴露在公网上的IP进行足够的安全防护。2024年1月，山东某公司云主机被植入勒索病毒，系统文件及日志皆被加密，经过排查，尽管用户购买了移动云安全产品但并未配置，云主机的21、4433、8090、1212、8001端口都暴露在公网上，未进行源IP限制或防护，黑客可以通过以上开放端口入侵。

从防御以勒索病毒为主的网络攻击的角度，笔者认为公有云服务商完全可以围绕“零信任”策略，借助SDP架构和“数据避风港”理论，打造更安全的云上环境，帮助上云企业拥有更好的数据保护能力，让用户能够牢牢把握数据保护的“主动权”。

“零信任”

自2010年“‘零信任’之父”John Kindervag首次提出“零信任”网络模型概念以来，“零信任”相关标准也逐渐“羽翼丰满”。“零信任”网络安全理念即“永不信任，始终校验”。它不是某类产品或服务，而是根据“显式验证、使用最低

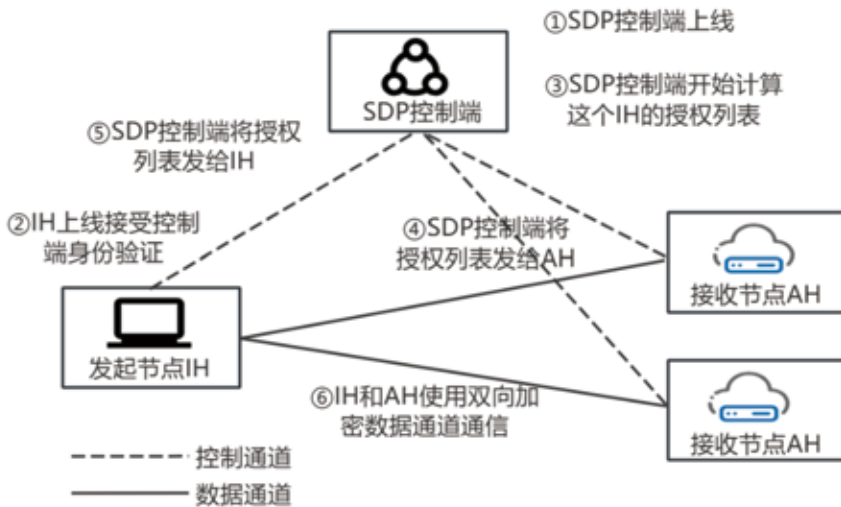


图1 SDP架构

特权访问、假定数据泄露”等安全原则设计和实现的安全策略，具体有三个方面：一是始终根据所有可用的数据点进行身份验证和授权；二是利用实时和恰好足够的访问权限、基于风险的自适应策略，限制用户访问；三是最大限度地减少影响范围，并对访问进行分段，验证端对端加密并通过分析驱动威胁检测和改善防御。

如今，“零信任”模型在企业网络安全中的应用越来越广泛。它要求企业在访问网络资源时，必须对用户进行身份验证，并确保用户只能访问他们被授权访问的资源。这种模型还包括使用加密技术保护数据的安全性，以及监控和记录所有网络活动，以便在出现安全事件时及时发现和应对。

SDP

SDP是满足“零信任”理念的一种实现方案，SDP架构如图1所示。在该架构下，系统将建立信任的控制域与数据域分离；使用Deny-all防火墙（不是完全拒绝，允许例外）隐藏基础设施，丢弃未授权的数据包并将其用于记录分析流量；在访问受保护的服务前，通过单包授权（SPA）协议进行用户与设备的身份验证和授权。

SDP由三部分构成：SDP控制端、发起节点（Initiating Host，简称IH）、接收节点（Accept Host，简称AH）。SDP节点均可以发起连接或接收连接，相关操作通过安全控制通道与SDP控制端交互，以进行管理。系统可以扩展，所有组件都可以是多个实例。SDP架构的请求与验证过程如下。

1) SDP控制端上线并采用适当的可选验证和授权服务。例如，PKI（公钥基础设施）提供证书验证、设备验证、地理定位、SAML（安全断言标记语言）、OpenID（数字身份识别框

架）、OAuth（开放授权协议）、LDAP（轻型目录访问协议）、Kerberos（计算机网络授权协议）、多因子身份验证等服务。

2) 发起节点IH上线，与SDP控制端连接并进行身份验证，但不应答来自任何其他节点的通信，也不响应非预分配的请求。

3) 认证后，SDP控制端开始计算该IH的授权列表。授权列表是一个IH和AH的对应表，换言之就是允许IH通过“哪些网关”访问“哪些服务”。

4) SDP控制端将授权列表发给AH，AH根据这个列表在后续IH访问时进行身份校验和流量转发。

5) SDP控制端将授权列表发给IH。

6) IH有了授权列表，就知道了AH的地址，此时就可以发起访问了。访问请求到了AH网关之后，AH按控制端的指示，开始对IH的访问流量进行验证。

SDP架构和传统网络安全架构的区别

与传统的基于网络的安全相比，SDP采用了不同的方法。SDP不是专注于保护网络，而是专注于保护用户、应用程序以及它们之间的连接。SDP技术体现了多个有别于传统网络安全的原则。

一是信任不再默认。传统的网络安全为用户提供了过度的信任，而在SDP架构中，用户必须赢得信任。SDP只向经过身份验证并特别授权使用该应用程序的用户授予应用程序访问权限，特别要强调的是，授权用户被授予对应用程序的访问权限，而不是对网络本身的访问权限。

二是无入站连接。与侦听入站连接的虚拟专用网络（VPN）不同，SDP不接收入站连接。SDP仅通过出站连接与授权用户建立通信，这意味着SDP不会主动在公网暴露任何入站连接端点，避免受到来自公网的攻击。

三是应用程序分割，而不是网络分割。传统的网络安全方法通常侧重于网络分割，通过将网络划分为不同的安全区域（如VLANs、DMZs等）来限制用户和设备在网络中的移动和通信。这种方法虽然在一定程度上能够降低安全风险，但往往粒度不够细，难以精确控制每个用户或设备对特定资源的访问。SDP提供了本地应用程序细分，可以一对一地控制访问，从而实现更精细的划分，也更容易管理。



图2 Cyber Recovery架构

从体系结构的角度来看，SDP与以网络为中心的传统解决方案有着根本的不同。SDP不仅减少了部署和管理设备的企业开销，采用SDP架构还可以减少对VPN、DDoS保护、全局负载均衡和防火墙设备的依赖，从而简化设备堆栈。

SDP架构的适用范围

SDP架构的适用范围主要基于其特点和优势。首先，它需要用户安装客户端，依靠客户端和网关联动，能产生更严密的防护效果，这对于需要高度安全的企业网络环境来说是非常有吸引力的。其次，SDP适用于第三方人员、分支机构等特定人群访问业务系统的场景。这些系统需要在互联网上开放，以便第三方人员访问，但同时又不能开放给所有人。SDP通过基于身份的访问控制和权限认证机制，可以精确地控制“谁可以访问哪些资源”，从而满足这种特定的安全需求。再次，SDP还适用于远程办公和移动办公场景。由于SDP可以隐藏所有资源，非法用户无法获取资源入口，而合法用户访问流量均通过加密方式传输，因此它可以有效地保护远程和移动办公中的数据的安全。最后，SDP还适用于需要构建动态、灵活的网络访问控制的场景。由于SDP是基于软件定义的，因此它可以根据业务需求和网络环境的变化进行动态调整，以满足不断变化的安全需求。

总的来说，SDP架构的适用范围非常广泛，包括企业远程和移动办公、第三方人员和分支机构访问业务系统等场景。它的主要优势在于强大的终端安全控制、精确的访问控制和灵活的动态调整能力，这使其成为一种非常有效的安全解决方案。

引入云服务SDP解决方案后，使用者将屏蔽网络向云端业务系统发起的攻击，通过网关的网络隐身能力有效减少攻击面，只有通过了多因子可信认证的授权用户才能正常访问业务系统，实现基于认证、授权、加密防护的访问控制。

数据快速恢复

数据避风港

鉴于任何网络安全设施、系统或技术都可能面临潜在的漏洞、未知威胁或人为错误，具备数据快速恢复能力的Cyber Recovery也应运而生，该方案通过一系列技术和流程，确保在遭受网络攻击或数据丢失时，能够迅速、安全地恢复关键业务数据，以最小化业务中断时间和损失。

“数据避风港”相关概念最早由戴尔公司提出，旨在提供勒索软件等网络攻击发生后尽快恢复关键数据系统和IT基础设施访问和功能的能力。

该架构的设计目标是在一个无间隙且不可变的数据副本中备份并运行业务，从而确保数据的完整性。在备份环境下同样采用了分层防御方法，属于实现“零信任”理念的数据保护解决方案。

Cyber Recovery架构如图2所示，该方案依赖不变性、隔离、智能保护数据。它的核心思路是要建立一个独立、安全的数据存储环境，用于存储任务关键性的商业数据及其相关技术配置，相当于一个“数据保险柜”。该环境与生产系统或网络物理隔离或虚拟隔离，以此确保数据的机密性和完整性。

为平衡数据的安全性与时性，需要在有限的时间内完成同步。在特定的时间段内，生产系统的数据会被同步到“保险柜”中，而在其他时间段，该空间与生产系统网络保持隔离状态，以进一步降低潜在的安全风险。在生产环境中，采用数据加速复制流程，这一流程需要有效减少数据冗余，加速数据从生产环境到“保险柜”的复制过程。

“数据避风港”方案为企业提供了一个安全可靠的数据恢复与分析平台。通过物理或虚拟隔离、有限时间同步机制等措施，有效确保了数据的安全性、实时性和高效性。

“数据中心+数据保险柜”系统

理解相关原理后，公有云服务商同样可以搭建一套“数据中心+数据保险柜”系统，抓住以下基本面对用户实现关键数据的“零信任”安全，如图3所示。

在隔离数据面，弹性恢复软件和数据保护存储设备通过设置对应策略，将不受信任的区域与隐含的信任区域分隔开，基于预设的安全策略和规则，这些点会检查请求访问数据的实体的身份和权限，确保只有经过授权的用户或系统才能访问敏感数据。关键应用程序的数据会通过逻辑气隙（air-gap）进行同步，由“保险柜”内的管理服务器解锁并复制到

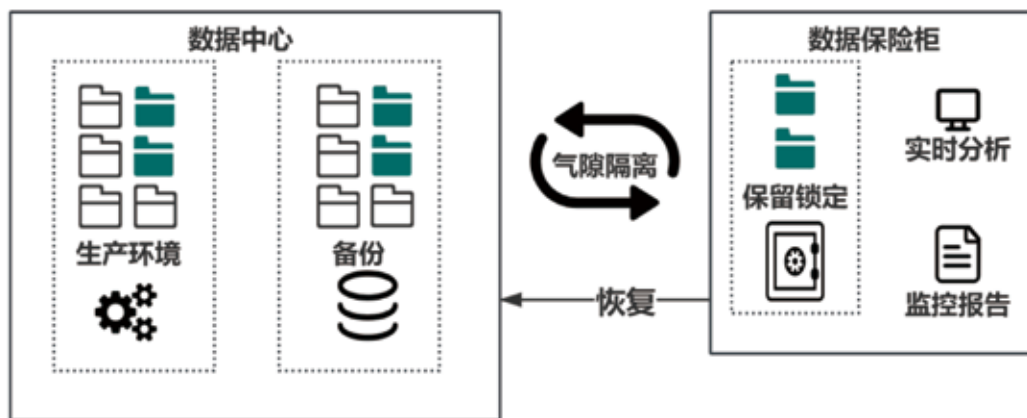


图3 “数据中心+数据保险柜”系统

染的数据副本，这可能需要通过日志分析、入侵检测系统（IDS）和入侵预防系统（IPS）的警报，以及与安全团队的协作来确认。

整套系统从备份、容灾以及关键数据保护入手，构建起一个完整的网络攻击防御和数据恢复体系。

系统目标存储中，然后重新建立气隙。这确保了数据即使在传输过程中被拦截，攻击者也无法解密和使用这些数据。同时复制平面、控制平面和数据平面在“保险柜”中为相互隔离状态。

保留锁定是对数据采取的一种安全措施，用于防止数据被意外或故意删除、修改及篡改。这种锁定机制可以在数据保护策略中发挥重要作用，但需要注意的是，它并不等同于无懈可击的安全保障。不可变存储是指数据一旦被写入后，就不能被更改或删除的存储方式，这种存储方式在防止数据更改方面非常有效，特别是在正常操作过程中。在生产环境中，使用不可变存储可以增加一层额外的数据保护机制，确保数据的完整性和可信度。然而，它不应被视为“应对灾难性袭击的最后一道防线”。为了充分保护关键数据并应对复杂的网络攻击，不可更改性必须与隔离措施相结合。

制作副本是指用户需要自行设置合理的数据保留期，数据保留期是指备份数据保留多长时间后可以被删除或覆盖。设置较短的保留期（如1天）可以降低存储成本和管理复杂性，但可能无法覆盖所有潜在的攻击场景。更长的保留期（如一周或更长）提供了更大的历史数据窗口，以应对复杂的网络攻击，允许用户回到更早期的未受感染的数据副本。考虑攻击者的平均驻留时间（即攻击者从进入网络到被发现的时间）对于确定数据保留期的长度至关重要。保留足够长时间的数据副本，可以确保数据能够回到攻击发生之前的状态。

实时分析是系统内置的监控分析软件会对复制到系统中的数据（包括元数据和具体内容）进行完整的内容扫描，具备扫描非结构性文件、数据库和核心基础架构的能力。它通过确定“数据集是否有效和可用于恢复到99.5%的可信度”来发现问题，在遭受网络攻击后，必须迅速确定最后一个未受感

总结

随着企业业务逐步迁移到云端，传统的基于边界的安全模型面临着越来越大的挑战。云计算的特性，如资源共享、动态分配和多租户环境，使得传统的网络安全手段越来越捉襟见肘，难以有效保护数据安全。因此，探索基于“零信任”安全模型的技术变得尤为重要。SDP技术架构是“零信任”原则的一个具体实践，它强调访问控制应基于身份和最小权限原则，而非仅仅依赖于网络边界，这种模型有效地减少了攻击面，提高了数据安全性，同时结合“数据避风港”，可以很好地应对各类网络攻击手段，保证用户的数据安全。

当然，“零信任”安全模型的实现还需要与公有云服务商已有的安全产品进行对接，形成统一的安全管理平台。这个平台应具备全面的安全监控、日志分析、威胁检测和响应能力，以确保企业能够在复杂的云环境中及时发现并应对安全威胁。“零信任”安全的实现并非一蹴而就，而是一个长期演进的过程，在这个过程中，公有云服务商需要与各类安全厂商、开源社区和行业组织紧密合作，共同推动“零信任”安全模型在复杂环境中的演进和应用。



容联云联手Genesys 启动中国区伙伴云计划

■ 王一然

4月23日，“容联云&Genesys中国区合作伙伴云计划启动仪式”在京举行。作为用户体验领域的全球云领导者，Genesys携手容联云首度构建了国内用户体验领域的云服务创新生态，并正式宣布启动中国区伙伴云计划。双方将依托各自产品、技术、资源优势，共同探索创新“营、销、服”一体化云服务解决方案，加速推动用户体验的云与智能化转型升级。Genesys亚洲区销售副总裁雷森华、容联云COO熊谢刚等出席启动仪式并致辞。

为了更好地帮助企业进行数智化转型，容联云将携手Genesys共同搭建运营伙伴云生态系统，为企业与合作伙伴提供创新的用户体验，针对国内企业开展“经营、销售、体验即服务”等场景的一体化公共云平台建设和全智能化的转型升级，探索大模型、生成式AI应用在金融、制造、零售、旅游等行业的创新解决方案，推动更多企业实现可持续增长。

Genesys亚洲区销售副总裁雷森华表示，当下企业对于用户体验和智能服务的需求日益增长，容联云在中国市场有深厚的业务基础和产品创新能力，Genesys在全球市场有广泛的影响力。双方的合作基于共同的愿景和目标——推动

企业实现用户体验的云和全智能化转型，通过整合双方的产品、渠道、资源，为企业提供更加强大、灵活以及符合当下市场需要的产品与解决方案，确保企业在用户体验的数字化转型浪潮中保持竞争力。“我们相信，通过这次合作，我们能够更好地满足本地市场的需求，通过卓越的用户体验助力企业实现可持续增长。Genesys也将进一步与中国市场及用户构建更紧密的联系，加速拓展云服务的业务版图。”

容联云COO熊谢刚表示，Genesys作为全球用户体验领域的先驱，长期致力于帮助企业提升用户满意度和忠诚度。容联云拥有强大的本地市场洞察力和行业经验，通过大模型和生成式AI应用，打破智能服务“壁垒”，更重要的是在强调增长的当下，提升经营、销售、服务等场景的一体化闭环效率。双方将共享资源、渠道和用户分析信息，建立有效的市场反馈机制，快速响应市场变化，以便更好地理解不同地区市场的特点和需求，这将有助于双方制定更加精准的市场进入策略和产品调整计划，获得更多的市场机会和技术支持，从而增强整个伙伴云生态系统的竞争力。

在大模型浪潮的推动下，“营、销、服”等场景正在经历着前所未有的变革。在市场竞争激烈、消费者需求多样化的挑战之下，企业亟需在实际业务场景中应用大模型技术，以提高效率、降低成本，同时满足用户个性化服务需求。

未来，容联云将与Genesys紧密协作，进一步提升市场影响力，与更多的企业共同成长，开启用户体验的数智化新时代。可以期待，在不久的将来，容联云与Genesys将在垂直行业的大模型应用上重塑用户体验，在各行业实际业务场景、流程管理上将技术和产品交付出去，确保相关合作计划能够更好地服务企业，引领“营、销、服”等场景的生成式AI革新，推动行业向更高效、更智能的方向发展。





2024 5.16-18
浙江·宁波

世界电信和信息社会日大会

World Telecommunication & Information Society Day 2024

数字创新促进可持续发展

在“浙”等“宁”

会议咨询

联系人: 申 晴

电 话: 13436890195

邮 箱: shenqing@bjxintong.com.cn



通信世界微信公众号



世界电信和信息社会日
大会微信公众号