

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

总第928期 2023年9月25日 第18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

中国移动科技周 释放新质生产力

通信世界全媒体

大咖云集携智而来
前沿思想激荡“创潮”/P7

探访青海数字乡村
绽放在雪山下的数智之花/P22

Wi-Fi 7技术标准与发展
趋势研究/P25

ISSN 1009-1564



18

9 771009 156234

“深”

见未来

新时代·新通信·新世界



通信世界全媒体

5G-A需要 适度超前部署

刘启诚

杭州亚运会正在如火如荼进行中，这场以“智能”为办赛理念之一的体育盛会背后，有着中国移动5G网络的强力支撑。中国移动为亚运打造的精品网络，保障亚运通信的稳定：浙江移动全国首创“2.6GHz+4.9GHz”的5G超密组网，以满足场馆赛事的超大容量需求。杭州亚运会的48个竞赛场馆，通过基于5G-A（5G-Advanced）和AI技术的智慧重保解决方案，提升了重大赛事通信保障水平。

借着服务亚运，浙江移动在全国首建5G-A网络，打造5G-A标杆应用示范基地，围绕联人、联车、联物等精品应用赋能“数智亚运”。目前浙江移动已经在杭州建成了全球最大5G-A示范区，近日笔者正好有机会到杭州体验5G-A网络。通过裸眼3D手机、PAD等终端的3D体验和RedCap业务，现场体验峰值10Gbit/s、平均5Gbit/s的移动速率；通过浙江专家介绍的智能化网络重保、低空/车辆感知业务，深度了解了5G-A应用场景和价值。参观学习后，一个直观的感觉——在5G-A发展上，中国应该适度超前部署。

之所以有这样的想法，是基于目前5G应用进展的一些判断。我国5G历经四年发展，取得的成就有目共睹，5G对经济社会高质量发展的支撑作用也初步显现。但从发展的角度看，现有的5G网络能力仍然不足，无法满足包括VR/AR、车联网等在内的产业发展的需求，而这类应用对网络有高可靠、低时延、高确定性的要求，目前5G网络还力有不逮。浙江移动这次在杭州建设的5G-A示范应用，很好地展现了5G-A的能力，这些能力正好弥补了现有5G网络的不足。

中国工程院院士邬贺铨直言，5G设计之

初就瞄准了行业应用，但彼时对各行业需求认识不足，对5G能力又期待过高。时至今日，随着5G在千行百业的落地，各行业对5G的需求越来越清晰，5G-A“应需而生”也就在情理之中。在邬贺铨看来，5G-A能改善5G商用过程中体验不佳的情况，打开更大的消费应用空间，更好地适应工业互联网的需求。中国信通院副院长王志勤也认为，当前我国5G迎来规模化发展关键期，需要通过适度超前部署，夯实基础设施底座。

如今，浙江移动已率先启动5G-A建设和应用。浙江移动联合华为及产业伙伴在杭州率先实现多项5G-A网络的测试与验证，并将该技术应用在多个商用场景上。例如，完成5G-A万兆站点验证，基于5G-A超大规模天线阵列（ELAA-MM）、8流MIMO、超大带宽（MB-SC）等多项关键技术，实现超过10Gbit/s单用户峰值速率；“杭宁金”三地完成RedCap全球首商用；完成从内容、平台、网络到终端全产业链的裸眼3D应用打通，展示裸眼3D点播、直播等应用；率先完成全球首个5G-A精品示范路线开通，实现从杭州奥体中心到亚运村全路线峰值10Gbit/s、平均5Gbit/s的网络能力。浙江移动的试点也证明了5G-A在未来千行百业数字化建设中可堪大任。

当然，从另一个角度讲，现在5G-A适度超前建设，也是布局未来。5G-A基于5G的演进和增强，是通向6G的必由之路。一方面，5G-A有效支撑了5G应用的规模增长和数字化创新发展；另一方面，5G-A作为通向6G的必由之路，提前将对一部分6G关键技术进行验证，为6G标准制定和技术落地积累重要经验。 

CONTENTS 目录

述评 Review

- 4 “揭榜挂帅”助力新质生产力加速形成
- 5 内忧外患之下，苹果正加速跌落神坛

专题 Topic 中国移动科技周释放新质生产力

- 6 四载矢志不渝：中国移动科技周擦亮科创底色
- 7 大咖云集携智而来，前沿思想激荡“创潮”
- 8 攻关5G，抢跑6G：“移”路跑出“中国速度”
- 10 拥抱算力时代，中国移动铺就算力网“高速路”
- 12 抢占AI高地，中国移动释放澎湃创新力

产业 Industry

- 14 5G工厂，接好“5G+工业互联网”下一棒
- 16 中国联通范济安：强化底层通用能力
推动5G工厂规模化发展



P14 5G工厂 接好“5G+工业互联网”下一棒

广告目录

- 封二 通信世界形象广告
- 封三 强化科技创新赋能，释放数字经济新动能公益广告
- 封底 通信世界发行广告



P45 新型DCI互联波分技术原理及应用

- 18 稳步创新发展元宇宙，开启数字经济“下半场”
- 20 中国移动的“破风”之旅
为5G芯片自主可控“雪中送炭”
- 22 探访青海数字乡村
绽放在雪山下的数智之花
- 24 中移互联：攻坚技术难题
筑牢网络安全“防火墙”
- 25 Wi-Fi 7技术标准与发展趋势研究
- 28 如何平衡Wi-Fi 7与未来5G/6G的发展？
- 30 大模型时代下，新型算力供给体系的几点思考
- 32 构建车联网网络安全监测体系，应对未来风险挑战
- 34 数字化转型中数据建模的问题分析与应对策略
- 37 信创体系下跨x86和ARM双栈架构的
流水线探索与实践

技术 Technology

- 39 互联网流量分布计算模型研究与实践
- 43 片上与片间光互连技术与产业分析
- 45 新型DCI互联波分技术原理及应用



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

执行副主编：程琳琳

采 编 部：王 涛 甄清岚 梅雅鑫 王禹蓉 孙 天

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

刘华鲁 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 胡锦涛

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：2023年9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 翀 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

刘华鲁 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

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。

“揭榜挂帅”助力新质生产力加速形成

姜玉泉

当下,以5G、大数据、人工智能、云计算、物联网为代表的新一代信息技术加速发展,成为我国数字经济增长的新引擎。与此同时,由新技术带来了新产业,进而形成新的生产力。

2023年我国首次提出“新质生产力”的概念,并强调要积极培育新能源、新材料、先进制造、电子信息等战略性新兴产业,积极培育未来产业,加快形成新质生产力,开辟发展“新赛道”、增强发展新动能、塑造发展新优势。新质生产力是摆脱大投入、高能耗的传统增长方式,践行高质量、高效能发展要求的生产力,是科技创新在其中发挥核心作用的生产力,其区别于传统生产力的关键在于科技创新。

形成新质生产力就要充分依靠科技创新。随着新一轮科技革命和产业变革加速演进,新一代信息、生物、能源、材料等领域技术与经济社会各行各业加速融合。通过“揭榜挂帅”制,前瞻布局科技前沿领域,提前谋划变革性、颠覆性新技术,加大源头性技术储备,夯实未来发展的技术基础,发挥科技创新的增量器作用,为我国经济社会高质量发展、构建全球竞争新优势提供永久动力。

事实上,加速形成新质生产力归根结底还是要打造一批新兴技术产业。而“揭榜挂帅”恰恰有助于推动新兴技术产业的发展。早在2016年,我国就提出关键核心技术攻关可以搞“揭榜挂帅”,英雄不论出处,谁有本事谁就揭榜。

2023年,工信部印发《关于组织开展2023年未来产业创新任务揭榜挂帅工作》的通知,组织开展面向未来制造、未来信息两个前沿领域,聚焦元宇宙、人形机器人、脑机接口、通用人工智能4个重点方向,系统布局52项具体任务,科学引导先

行先试,推动我国未来产业创新发展。北京、上海、广东、福建、安徽等省市在关键技术研究、应用研究和产品研发等方面开始实施“揭榜挂帅”制。

“揭榜挂帅”具有以下优点:榜单的公开化、需求的前沿化、申请的开放化、结果的价值化,由政府面向全社会公开征集,打破了申报科研的传统模式,创新了机会均等、能力导向的科研管理模式,降低了科研资金低效浪费的风险,对于建立更加开放化的社会创新体系、激发更加市场化的创新活力、探索举国体制的科技管理模式、确保“好钢用在刀刃上”,具有重要而深远的意义。

“揭榜挂帅”制是建设科技强国,实现高水平科技自立的必由之路。面向科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康,充分发挥我国社会主义制度优势,坚持市场机制的基础性作用,优化配置创新资源,全面提升科技攻关能力,在若干重要领域打破亦步亦趋的“路径依赖”,打造竞争优势,赢得战略主动,形成支撑发展和保障安全的科技创新发展新格局,以“揭榜挂帅”引领机制体制改革,助力实现伟大“中国梦”。

“千军易得,一将难求”。“揭榜挂帅”聚焦的是“科学技术是第一生产力”的核心价值,传递的是“不拘一格降人才”的良性导向,展现的是“英雄不问出处”的博大胸怀。从“榜”到“揭”到“挂帅”,这是一项综合性、根本性创新,需要系统性谋划、体系性推进,既要确保“榜”与“揭”的公平、公正、公开,又要保证“挂帅者”的心无旁骛、潜心研究。我们呼唤更多的“揭榜挂帅”,期待他们一战成名!(作者为广东省电信规划设计院高级咨询顾问) 

内忧外患之下 苹果正加速跌落神坛

朱文凤

iPhone 15来了,苹果市值却跌破2.8万亿美元!“旧壳换新装”,产品换代缺乏突破,苹果创新能力因此受到质疑。而随着华为回归、国产厂商的围攻,苹果的高端话语权也岌岌可危,加之法国禁售iPhone 12等负面消息频出,内忧外患之下,苹果的下坡路可谓“越走越顺”。

内忧——创新乏力,“新赛道”切入困难。

在1995年的一次访谈中,乔布斯谈到处于垄断地位的科技公司因营销人员掌握了话语权,不再专注产品品质提升与研发而走向衰败。乔布斯当初的“神预言”,恰好解释了如今的苹果为什么走向衰败。

苹果如今的CEO库克是职业经理人,非技术出身,在其“稳扎稳打”的战略之下,苹果手机的价格卖到了上万元,苹果公司的市值突破了3万亿美元大关。但苹果的产品创新却越来越为人诟病,华为开启卫星通话时代,三星开启折叠屏时代,而苹果还未涉足这两个领域,甚至有舆论称苹果已经“变质”,失去了引领创新的能力。

曾几何时,苹果手机每次迭代都能改变行业,引领新一轮创新热潮。库克时期的苹果虽然仍有那股“清高范儿”,但不接地气了,也开始“变味”了。一方面,对电池、信号、发热等短板不作为,例如安卓手机快充已经飙升至200W,而苹果快充还停留在20W。另一方面,苹果天价配件“剑走偏锋”,348元的钢化膜,148元的清洁布,真的不是“智商税”吗?

最重要的是,近几年苹果发布的新机无不是对局部进行改进与完善,如外观设计、尺寸、摄像等,相关技术反而在“追赶”安卓手机,以iPhone 15系列为例,低配版iPhone 15沿用上一代工艺,没有实质性创新。iPhone 15 Pro及Pro Max的影像升级、Type-C接口是安卓阵营“玩剩下的”,没有新意。虽然苹果“挤牙膏”式的升级保证了手机的快速迭代和市场销量,但这对企业和消费者带来的负面影响不可忽视,这样的发展模式又能走多远呢?

不过,苹果也并非“江郎才尽”,在手机陷入创新“瓶颈”后,苹果这艘“巨轮”也尝试转向,比如发力苹果汽车、XR头显,但“罗马不是一天建成的”,能否掉头成功还两说;苹果也思考过打造核心竞争力,比如自研5G基带芯片、研究AI大模型,但进展非常缓慢。值得关注的是,上述“新赛道”入局者众,苹果还是扮演着“后来者”的角色。

外患——不再一家独大,负面消息频出。

一直以来,凭借软硬件一体化构筑生态“护城河”,苹果积累了庞大的用户基础和收入基本盘,围绕Macbook、iPad、iPhone打造的生态体验也备受消费者认可,而国内与之相似并可一较高下的只有华为。2020年以前,华为与苹果在国内高端市场平分秋色,IDC数据显示,在600美元以上高端手机市场中,这两家厂商的份额共占据88.1%。而被美国“运作”后,华为手机的出货量急剧下降,苹果承接了大部分高端市场份额,2021年苹果在国内600美元以上高端手机市场的份额为63.5%,2022年这一份额提高到75%。相关投资公司的分析师预测,此次华为回归或将使iPhone出货量减少1000万部。

此外,苹果在中国市场上正遭遇荣耀、小米、OPPO等本土手机厂商的“围攻”。近年来,国内安卓厂商坚持高端化发展战略,不断加大研发投入,加强与供应链的深度合作,推出了很多定制化和差异化的解决方案,产品竞争力持续提升,加之在折叠屏、快充等方面的技术优势,苹果在中国高端手机市场将遭遇更大的挑战。

除却竞争对手带来的压力,近期苹果负面消息频出,如法国的监管机构要求苹果停止销售iPhone 12,原因是担心这些手机会产生过多的电磁辐射;又如报道指出印度生产的苹果手机将在中国售卖,而印度生产的手机良品率仅50%。近年来,苹果iPhone 11“信号门”、iPhone 12“绿屏门”、iPhone 14“电池门”等一系列负面丑闻拖垮了苹果的口碑。产品质量不过关,苹果失去更多市场只是时间问题。(作者来自本刊编辑部) 

四载矢志不渝 中国移动科技周擦亮科创底色

■ 本刊编辑部 舒文琼

三届沉淀，丘山崇成。8月30日，中国移动第四届科技周暨战略性新兴产业共创发展大会正式启幕。作为中国移动推动科技创新、促进数字化发展的重要平台之一，这场科创盛会已历四载，亮点不断、精彩荟萃，其在推动高水平科技创新发展的同时，自身也在不断革新——自2020年起，科技周规模不断扩大、影响力持续提升、凝聚力不断加强。如今，科技周已然成为中国移动携手“产学研用”各方合作伙伴厚植科技创新沃土、强化产业融通创新的重要平台。

矢志不渝，凝聚科创“向心力”

为进一步提升协同创新水平、凝聚“产学研用”科技创新力量，2020年，第一届中国移动科技周成功举办。至此，科技周照亮了一条中国移动汇聚创新发展合力、激发科技创新活力的科创之路，成为中移科协六大品牌活动之一。

在这条科创道路上，“科技周”矢志不渝、大步向前、紧抓热点：“创新2020云上科技周”以“创新、合作、开放、共赢”为主题举办17场论坛直播活动，强调“协同”的效用；“2021年科技工作者日暨科技周”以“科技自立 创梦百年”为主题举办20场论坛，重视“人

才”的作用；“2022年科技周暨移动信息产业链创新大会”以“聚势谋远 链创未来”为主题举办30场论坛直播，坚持“引领”的重责；“2023中国移动第四届科技周暨战略性新兴产业共创发展大会”以“澎湃创新力 战新共未来”为主题举办40场论坛直播，促进“战新”的壮大，不仅培育了科创生态，也凝聚了科创向心力。

成果硕然，增强社会“影响力”

科技周是科创成果展示的前沿阵地。每一年，中国移动总能嗅探“创潮”的方向，发布与“产学研用”各方共发展的重大创新成果，对经济社会各个方面产生深远影响，实实在在地展现了创新硬实力。

值得一提的是，今年大会期间重大成果发布竞相涌现，“破风8676”可重构5G射频收发芯片、中国移动量子计算应用与评测实验室、《信息通信产业创新与知识产权保护蓝皮书》等“战新”领域成果正式发布，中国移动RedCap“1+5+5”创新示范之城也开启新征程。其中，一“芯”多用的“破风8676”受到极大关注，被视为中国移动践行高水平科技自立自强的“破风手”，将有效提升我国5G网络核心设备的自主可控度。

携手同行，形成产业“凝聚力”

拓展科创之路，非一家企业之力可为，而是要聚众智，汇众力。科技周便是中国移动汇集科创智慧与力量的重要平台。从2020年起，中国移动便在科技周上发布科创合作倡议及计划。从“NEST+”计划到中国移动院士工作站揭牌、中国移动未来研究院成立，再到发布产业链专家委及“十百千万”合作伙伴上链倡议，中国移动站在“链长”的高度与产业链谋发展，形成了产业凝聚力。

今年，面对新形势新要求，“十百千万”合作伙伴升级计划发布，中国移动将与产业链共同推动产业布局升级，积蓄“战新”产业发展“潜能”；共同推动资源牵引升级，增强“战新”产业发展“动能”；共同推动产投协同升级，提升“战新”产业发展“效能”；共同推动基地装置升级，汇聚“战新”产业发展“势能”。

凝聚众智，用心打磨，每届科技周不仅彰显国家战略科技力量，展示前沿技术和创新成果，同时也广泛凝聚产业共识，为全球移动通信和相关领域带来了新的思路和蓝图。中国移动科技创新的这一方重要阵地，带动了科技创新能力、实力、活力。我们有理由相信，它将越来越好，并成为科技创新的重要策源地。CW

大咖云集携智而来 前沿思想激荡“创潮”

■ 本刊编辑部 舒文琼

察大势、谋全局，是科技创新的路径与钥匙。作为共商产业科技创新发展的盛会，中国移动第四届科技周暨战略性新兴产业共创发展大会以“澎湃创新力 战新共未来”为主题，汇聚众多院士学者、产业大咖、业界专家，前沿思想激荡“创潮”。

登高望远，高层观点速递

中国移动董事长杨杰在致辞中表示，中国移动锚定“世界一流信息服务科技创新公司”发展定位，集中发力、加速突破，在5G、算力网络、能力中台等多个领域实现多个业界领先的通用型创新，推动公司科技创新工作发生深刻变化。下一步，中国移动将践行职责使命，服务国家战略和产业发展需求，加快云和算力网络、人工智能、6G、大数据、能力中台、安全等“六大领域”布局，不断提高核心竞争力、增强核心功能，促进战略性新兴产业发展壮大。一是提升科技创新力，争做关键技术攻坚者；二是提升产业控制力，勇担产业变革引领者；三是提升安全支撑力，当好网络安全守护者。

自“十百千万”合作伙伴上链倡议发布一年来，中国移动联合产业伙伴取得了突出成绩。中国移动总经理董昕



中国移动董事长 杨杰

表示，面对新形势新要求，中国移动将坚决贯彻落实中央决策部署，以发展战略性新兴产业为目标统领，全面升级“十百千万”合作伙伴计划，并提出四方面倡议。一是共同推动产业布局升级，积蓄“战新”产业发展“潜能”；二是共同推动资源牵引升级，增强“战新”产业发展“动能”；三是共同推动产投协同升级，提升“战新”产业发展“效能”；四是共同推动基地装置升级，汇聚“战新”产业发展“势能”。

洞察前沿，先锋智慧相融

新应用需求驱动技术换代，这既是市场的“新蓝海”，也是产业竞争的“新赛道”。中国工程院院士邬贺铨指出，中国的大市场为新技术培育提供了试错机会与广阔的发展空间，应抓住“换道超车”的机遇，持续在移动通信、互



中国移动总经理 董昕

联网、车联网、光伏、AI等领域发力创新。值得一提的是，AI已成为产业竞争力的重要内涵，既是企业数字化转型的新抓手，也是战略性新兴产业崛起的新引擎，是信息技术产业新时期“智在必争”、志在必得的焦点。

在新形势、新目标下，作为战略性新兴产业创新的策源者、主力军，中国移动将持续在移动信息领域勇担国家战略科技任务，强化新角色、新方法、新模式，推进面向网络全局最优的6G系统性创新，强化多要素能力的融合贯通，与产业合作伙伴携手推动“战新”未来网络产业高质量发展。

作为大模型服务的供给者、汇聚者和运营者，中国移动将持续升级“九天人工智能平台”，构建基于体系化人工智能的大模型运营技术，并与合作伙伴携手积极开展基于大模型的行业创新应用。

攻关5G, 抢跑6G “移”路跑出“中国速度”

■ 本刊编辑部 梅雅鑫

“应用一代、建设一代、研发一代”是移动通信行业的发展规律,从2G跟随、3G突破、4G并跑再到5G引领,一条重要经验贯穿其中——宁可“路等车”,不让“车等路”,下好先手棋,方能打好“主动仗”。

在5G方兴未艾、大干快上之际,6G将一幅全新图景展示在世人面前。中国移动不仅在5G方面创新引领,取得丰硕成果,还率先在全球布局开展6G研究,成立未来研究院、建立创新联合体,积极融入国家6G创新体系、攻关关键核心技术、强化协同创新,加快打造6G原创技术策源地。

硕果累累, 夯实数字经济新底座

5G网络建设作为“新基建”之首,是护航数字经济发展的引擎。5G商用四年来,中国移动坚持5G创新引领,深入实施“5G+”计划,加快建设“信息高速”,创新运营“信息高铁”,努力构筑“创新高地”,在5G网络建设、应用创新、技术攻关等方面加速向前并全面领先,为网络强国、数字中国、智慧社会建设交出了一份亮丽答卷。

在网络建设方面,中国移动已构建全球规模最大的5G商用网络,部署商用基站超170万个,5G终端用户数达4.76亿。在无线网领域,引领5G-A

(5G-Advanced)持续演进,推动5G-A创新链和产业链融合发展,打造性能卓越、智生智简、低碳高效的5G网络。

在应用创新方面,以5G为核心的新型信息服务体系,正在为千行百业数智化转型注入活力。中国移动从“首个突破”到“规模复制”,5G商用案例连年翻番,全力以赴为经济社会民生各领域数智化转型注智赋能。从万山之巅到井矿之渊,从“灯塔工厂”到最大港口,中国移动携手行业龙头,创下多个业界第一,带动5G行业商用案例超2万个,推动5G真正实现从“点状开花”到“全面渗透”。

5G时代,中国移动加强核心技术攻关,主导推进了5G网络需求和架构、5G行业专网等多个技术方向的标准化工作,发布了“5G之花”需求构架,原创提出5G新型网络架构,是全球最早带动产业开展大规模天线技术研发的运营商,也是IMT-2020(5G)技术和标准体系的主要倡导者和建设者,有力推动了5G及未来网络标准体系的构建。在5G专网建设中,中国移动破解了5G切片技术、MIMO技术、边缘计算技术等各行业实际应用中面临的一系列现实难题,为5G赋能千行百业奠定了网络基石。截至目前,中国移动在3GPP、ITU等国际标准组织累计牵头

5G国际标准项目228个,主导R17关键领域标准制定;累计申请5G专利超4000件,专利储备量稳居全球运营商第一阵营。

攻坚克难创一流,砥砺奋进启新程。5G技术还在向6G不断演进升级,对于将创新融入“血液”的中国移动而言,不断夯实网络优势基础,推动5G与AI等技术深度融合,持续提升5G增强技术产品供给能力,是释放5G全部价值的关键。

在中国移动第四届科技周暨战略性新兴产业共创发展大会上,中国移动携手产业链10余家合作伙伴发布5G轻量化(RedCap)技术“1+5+5”创新示范之城,为产业链上下游提供技术试验和应用示范平台,加快推动5G轻量化技术规模化商用,促进5G深度融入行业,赋能行业高质量发展。

与此同时,中国移动还发布了核心自主创新成果“破风8676”可重构5G射频收发芯片。该芯片是国内首款基于可重构架构设计的关键芯片,可广泛应用于云基站、皮基站、家庭基站等5G网络核心设备,实现了“从0到1”的关键性突破,有效提升了我国5G网络核心设备的自主可控度。“破风8676”芯片目前已在中国移动多家头部合作伙伴的整机设备中成功集成,将在以云基站、皮基站、家庭站等网络设备为代表的下

阶段5G低成本、高可控度的商用网络建设中发挥重要作用。

融合创新，激发6G核心竞争力

当前，全球信息通信业科技创新进入新阶段，新一代信息技术开启融合创新“赛道”。ITU明确6G愿景与指标体系，工信部率先在全球将6GHz用于5G、6G系统，6G研发进入加速期。但正如数实融合不是两种经济形态的简单相加一样，6G相比5G而言也不只是简单的升级，而是深层次的变革。

作为国家创新的主力军、国内外标准组织的排头兵、原创技术的先行者、学术交流的生力军，中国移动一体贯通推进5G-A和6G，既把握5G当下、又引领6G未来，围绕标准、技术、产业，持续推进前瞻技术研究，巩固自身在移动通信领域的优势。

在标准方面，中国移动牵头的3GPP R18项目数量位居全球运营商首位，未来将持续引领5G-A国际标准，努力推动形成全球统一6G标准，为培育全球统一产业奠定基础；在技术方面，中国移动系统布局新型网络架构、通感一体化、空天地一体化、网络智能化、无源物联等5G-A及6G关键方向，推动通、感、算、智等技术深度融合，目前在相关领域已研发出10余款原型样机，发表60余篇高水平论文，位于全球运营商第一；在产业方面，中国移动规划了三期5G-A新技术试验，力推5G-A产业成熟，并重点布局新材料、新工艺、新器件等6G产业链关键环节，培育6G新产业集群，提升产业整体水平和韧性。

谋定而后动，知止而有得。6G融合创新，要从破解多要素升维的本质矛盾、从科学技术问题出发，以“网络”为根基，形成“能力+效率+质量”全局最

优的技术体系。

目前，中国移动在NGMN、ITU等国际组织中牵头多个6G研究项目，在IMT-2030 (6G) 推进组主持重点研究工作，承担10项6G“重点研发计划”课题，提出了“数字孪生、智慧泛在”6G愿景和十大需求指标，基本形成业界共识。同时，中国移动重点布局新型网络架构、智简网络、网络协作通感、内生安全等10余项关键技术，首次提出的系统性6G网络架构获得业界广泛关注。

勇担重任，打造原创技术策源地

在6G新征程上，中国移动勇担重任，以打造原创技术策源地为目标，做好6G的“出题人”“答题人”“阅卷人”，实现战略新兴产业全新目标。作为“出题人”，中国移动结合网的需求，提出6G“要什么”；作为“答题人”，中国移动发挥网络优势，联合“产学研”发挥各自所长，从系统设计、关键技术等不同维度回答6G“怎么攻”；作为“阅卷人”，中国移动第一次阅卷将“答”的关键技术推入国际标准，第二次阅卷将“研”的产品推进网的商用，全方位回答6G“怎么用”。

目前，中国移动已围绕“三大角色”布局了战略性新兴产业的重点攻关技术、重大工程、应用场景以及聚集产业要素的各类环节。

在“出题人”方面，中国移动将从市场和需求牵引到强化技术布局，统筹资源“出题”。从技术布局来看，将从6G的整体视角，结合网的需求，形成技术布局体系、“产学研”合作体系；从统筹资源来看，将用足用好“国家自然科学基金-中国移动联合基金”“鹏城-中移科创基金”“高校联合载体”等资源，面向6G原创技术、融合技术等开展重点牵

引，强化“产学研”深度合作，加速关键技术突破。

在“答题人”方面，中国移动将从工程技术创新到强化原创技术突破，全面布局“答题”。作为移动通信产业链“链长”，中国移动协同“产学研”，强化与高校合作、强化技术融合创新，突破更多原创技术；贯通布局理论、技术、标准、样机全环节，推动全球6G统一标准，使技术、标准“长板”更强，补齐理论、样机“短板”。

在“阅卷人”方面，中国移动从评估和试验推进到强化基地建设，开放合作“阅卷”。中国移动正依托“8+2+1+1”体系化的6G协同创新基地，打造具备“能力端到端、全要素聚集”两大特点的6G科学装置，使得评估和试验手段更健全，并推动该协同创新平台成为重大技术策源地、跨界技术融合之地、科技成果转化之地以及“专精特新”的孵化之地。

在新形势下，6G发展仍面临原创技术供给不够丰富、跨行业融合不够深入、产业根基不够牢固等挑战。中国移动将扎实推进原创技术策源地建设，强化商业趋势研究和需求牵引，注重通信与人工智能、算力、能源等技术领域的跨界融合创新，着力解决从理论突破到工程应用中的技术难点，确保6G的先进技术转化为产业应用优势。

据悉，中国移动正式发布6G公共试验验证平台、6G协同创新样机平台成果以及“天行者低空经济先驱行动计划”，以实际行动加速6G原创技术突破，推动产业形成共识，引领6G创新发展。

6G创新是复杂的系统性工程，中国移动将强化新角色、新方法、新模式，与产业合作伙伴携手推动未来网络产业高质量发展，为实施“网络强国、数字中国”战略作出重要贡献，谱写我国战略性新兴产业高质量发展的新篇章。

拥抱算力时代 中国移动铺就算网“高速路”

■ 本刊编辑部 梅雅鑫

近年来,随着信息技术的快速发展,算力成为继热力、电力之后新的关键生产力,直接影响着数字经济发展的速度,决定着社会智能的发展高度。中国移动把握算力时代发展脉搏,率先提出算力网络理念,经过两年的创新实践,取得了行业瞩目的丰硕成果,助力国家迈向算力强国。

中国移动将算力网络作为推进信息基础设施创新的重要方向,以算为中心、网为根基,多种信息技术深度融合,提供“任务即服务”等新型一体化服务范式,推动算力像水电一样,“一点接入、即取即用”,努力实现“网络无所不达、算力无所不在、智能无所不及”的目标愿景。

坚持创新引领,夯实算网融合基石

作为算力网络创新探索的先行者,中国移动拥有通信运营商“网络+算力”的优势,是推动算力网络发展应用的主力军。两年来,在中国移动及“产学研用”各方的共同推动下,加快构建新型算力网络体系已上升为国家级战略性新兴产业方向。中国移动算力网络理念得到社会和产业界的广泛认可,相关各方纷纷探索算力网络的理论和实践,推动算力网络技术和应用逐步成熟。

当前,中国移动正围绕算网原创技



术引领、基础设施构建、业务融合创新3条主线全面开展工作,聚力“重心在智、核心在脑、关键在用、未来在创、生态在融”重点突破。

在原创技术引领方面,中国移动全面布局十大技术方向、30余项关键技术研发,涵盖近中远期各领域。推动算力网络标准从无到有,牵头国内外标准组织100余个项目立项,主导完成行业首个算力网络总体技术要求,成立全球首个算力网络开源社区;举公司之力建成跨越全国19个节点的算力网络技术与应用创新试验网,汇聚超30余家合作伙伴,发布40余项算力网络创新案例,联手鹏城实验室、中科院打造科学装置雏形。创新构建“融数注智”的算网运营体系,研发业界首个算网大脑,拉通全领域要素,支撑全业务运营。据悉,当前算网大

脑可融合编排2100种能力,支撑超过100个产品,可统一管理移动云全部节点,日调度东西部算力近千万次。

日前,经过中国移动在IETF历时四年的不懈推进,“算力路由”技术方向得到了法国电信、西班牙电信、威瑞森、瞻博等全球40余家主流运营商、设备商及高校的支持,最终获IETF批准成立“算力路由”工作组。工作组将负责“算力路由”相关标准的立项和制定,中国移动担任工作组主席。这是中国移动算力网络“算网一体”原创技术的里程碑式突破,标志着算力和网络两大学科交叉融合逐步成为国际共识。

在基础设施构建方面,中国移动积极落实国家“东数西算”工程部署,持续优化“4+N+31+X”资源布局,覆盖“东数西算”全部枢纽节点,算力总

规模达到9.4EFlops, 边缘节点超过1100个, 加快建设超过5.8EFlops的运营商规模最大的单体智算中心, 基本实现“全国20毫秒、省域5毫秒、地市1毫秒”三级低时延算力服务圈。

网络是中国移动的优势所在。中国移动建设全光网底座, 打造面向算力的新型网络架构, 创新引领400G骨干网发展技术路线, 构建从贵州到浙江5616千米的世界最长距离400G全光试验网络, 满足算力网络对高带宽、低时延、灵活调度能力的需求。

在业务融合创新方面, 算力网络加速生活方式数智升级, 中国移动以虚拟数智人方式, 打造了首个世界杯“元宇宙”应用; 推广以云手机、云电脑、云高清为主的“瘦终端”, 以及家庭算力主机、旺铺算力主机等“胖终端”; 打造云盘、云游戏、裸眼3D等特色产品, 形成一批规模化应用的大众市场算网产品。在赋能行业方面, 中国移动将移动云作为算力服务的主要形态, 深化“东数西存”“东视西渲”“东数西训”“东数西算”等创新应用, 推进医疗影像分级异地存储、影视异地渲染、AI模型异地训练、非实时数据异地处理等实践; 加快任务式应用研发, 推出业界首个“神机”数据快递服务, 实现弹性开通(分钟级)、弹性带宽(2M~100G)和弹性计费(6分钟颗粒度), 提升数据传输效率, 降低传输成本, 因此获得产业的高度评价。

发起算力并网, 繁荣开放共赢新生态

算力网络不仅是技术的变革, 更是服务范式的变革。中国移动推动社会泛在算力资源整合, 通过算力并网形成一种新的算力供给模式, 将社会上的算力资源(包括大型算力中心、智算、超算, 甚至社会上一些闲散算力)并入算力网络,

最终实现凭借一张全国“算网地图”就能感知全地域、全类型、多厂商算力, 通过“算龙头”提供标准型、融合型、任务式服务, 真正把算力打造成像水、电一样“一点接入、即取即用”的社会级服务。

8月19日, 中国移动携手多个国家超算中心、权威智算中心、头部云服务商, 以及中电科、玻色量子等量子计算企业, 共同发起全国规模最大的“百川”算力并网行动, 打造算力类型最全、规模最大、覆盖最广的“百川”算力并网平台。

据悉, “百川”算力并网平台当前已接入超过1.9EFlops的社会算力, 与中国移动算力形成优势互补, 总共形成超10EFlops的算力供给能力, 通过一张全国“算网地图”同时感知接入通算、智算、超算和量子四类算力, 形成三类模式的标准化方案, 提供一个统一运营入口“算龙头”, 将并网后的算力融入移动云自有能力和产品, 统一对外提供任务式服务, 助推算力成为普惠级社会服务。

同期, 中国移动与行业伙伴发布了《算力并网白皮书》, 首次系统阐释了算力并网核心理念、商业模式、技术架构和实践案例, 明确运营层、编排层、云原生纳管三种算力对接技术方案, 为合作伙伴协作并网形成切实可行的技术路线。

发挥链长作用, 擘画算网发展新蓝图

当前算力网络发展步入关键阶段, 中国移动已经实现算力网络第一阶段“泛在协同”的目标, 即将开启以“融合统一”为目标的第二阶段, 同时对于“一体共生”的第三阶段也已经打下良好基础。中国移动勇担移动信息产业链链长职责, 成立算力网络子链, 汇聚“产学研用”各方力量, 共同推动算力网络新技术、新产业、新应用、新生态成熟。

在8月30日举行的中国移动第四

届科技周“算网共生 智算未来”分论坛上, 中国移动召开了算力网络子链工作组会议。面向算力网络后续发展, 中国移动表示, 将结合中央企业“提高核心竞争力、增强核心功能、积极服务国家重大战略”的要求, 进一步优化工作布局, 扎实推进三方面工作。

一是攻关关键核心技术, 围绕算力网络产业链, 聚焦关键节点, 与合作伙伴一起, 进一步加强“攻用转”协同。围绕战略性新兴产业技术创新方向, 协同各方加快智算、先进计算、算力原生、全调度以太、算力路由、G-SRv6和在网计算等领域布局, 持续迭代攻关战队, 加强前沿原创技术研究, 共同承担国家科研任务, 共建国家级创新平台, 提升共性技术、原创技术供给能力。

二是深化试验装置建设运营, 依托协同创新基地算力网络实验室计划开放18项能力, 新增算网协同技术、CI-CD-CT子实验室, 当前已同20多家合作伙伴有13个合作项目, 协同产业上下游开展产业共性技术研发、成果转化、资源共享和国际合作, 激发产业融通发展动能, 支撑国家重大任务及产业创新, 助力中小企业协同创新发展。

三是产业链、资本链融合互促, 以链长基金、直投为“双桨”, 推动算力网络子链、资本链有机协同, 提高资金在算力网络子链上配置的精准性和有效性, 深化产业合作, 打造“央地协同”特色园区, 依托“乘风”产业链协同发展计划、百千万合作伙伴升级计划, 产出硬核成果, 不断孵化一批“专精特新”企业。

未来, 中国移动将继续秉持“开放、合作、协同、共赢”的初心, 充分发挥产业链链长带动作用, 与社会各界携手, 共同构建繁荣开放的算力网络新生态, 夯实数字经济高质量发展的数智底座, 融合新要素、激发新动能, 合力开创数智化美好未来, 擘画算力网络新蓝图。

抢占AI高地 中国移动释放澎湃创新力

■ 本刊编辑部 舒文琼

当前,战略性新兴产业已成为未来发展的“新支柱、新赛道”,新一代信息技术、人工智能等则成为推动战略性新兴产业集群融合发展的新引擎。特别是随着ChatGPT的横空出世,人工智能已成为产业竞争力的重要内涵,既是企业数字化转型的新抓手,也是信息产业新时期“智在必争”、志在必得的焦点。

作为“央企AI国家队”和“大模型国家队”,近年来,中国移动发挥企业科技创新主体作用,把创新作为引领发展的“第一动力”,大力发展通用人工智能,立足重点领域,形成创新突破。近日,在中国移动第四届科技周暨战略性新兴产业共创发展大会上,中国移动宣布九天语言大模型开放首次内测,首批共7个网络智能化精品数据集面向全社会开放,这是“九天筑梦数智未来”的坚实一步,也是中国移动不断向前推进AI发展的一大步。

十载深耕,九天揽月

历经十载风雨,方得一朝辉煌。自2013年起,中国移动牢牢抓住时代机遇,投身人工智能的海洋,用十年的光阴精心雕琢,打造了具有运营商特色的



“九天人工智能平台”及370多项AI能力,并于今年7月发布了“九天·海算政务大模型”与“九天·客服大模型”,旨在将人工智能塑造为企业、政府和社会的智能化服务核心,实现真正智慧的融合目标。

“九天·海算政务大模型”是中国移动基于近年来积累的丰富数字政府建设经验所打造的面向政务领域的行业大模型。依托“九天·海算政务大模型”,政务服务系统将具备强大的政务事项理解能力、多维度的信息关联能力、面向复杂事项和复杂流程的多元交互能力。为保证政务领域可信性,九天首创了“政务大模型—信息场—应用”

端到端政务服务体系,“一网通办”的服务理念将被更加安全、高效地体现在群众的办事体验中。对政府工作人员,通过大模型和信息场的联动,可直接用自然语言与数据库中的海量政务数据表和运营分析指令交互,串联多来源、复杂异构的数据表,快速获取直观的数据分析结果,满足工作人员动态管理、公文写作等需求,实现跨层级、跨地域、跨业务、跨系统、跨部门的高效政务治理体系。

“九天·客服大模型”基于中国移动在客服领域多年沉淀的海量服务数据、业务知识和服务经验打造,既可根据用户提供的自然语言描述,解析用

户问题并提供答案；又可与人工客服协作，分析历史沟通内容的语义和上下文，总结归纳对话的重点和关键信息，根据对话内容为人工客服坐席提示回复建议，以减少应答时间，形成“大模型—人工坐席—用户”的三方沟通场，极大提升传统人工客服的工作效率。

截至目前，中国移动已形成从平台、能力到规模化应用的全面产业级智能化服务产品，包括8个平台型产品以及超370项机器视觉、语音、自然语言处理、网络智能化等各领域AI能力，服务内外外部27个领域超300家用户的830项应用，覆盖超10亿用户，累计产生可核算的规模化赋能价值近41亿元，全面助力各行业的数智化转型升级。接下来，中国移动还将助力建强“国资人工智能大平台”，实现大模型、数据集、智算中心、平台和应用的科技创新及智慧运营。

无界融合，赋能千业

在新的时代，新的应用需求成为驱动技术换代的动力。这不仅是市场的“新蓝海”，也是产业竞争的“新赛道”。人工智能作为产业竞争力的重要内涵，既是企业数字化转型的新抓手，也是战略性新兴产业崛起的新引擎。

中国移动作为大模型服务的供给者、汇聚者和运营者，将持续升级“九天人工智能平台”，构建基于体系化人工智能的大模型运营技术，并与合作伙伴携手积极开展基于大模型的行业创新应用。

“九天人工智能平台”不仅服务于中国移动自身，还为各个行业提供强大的支持。在政务领域，中国移动在甘肃打造了政务智能客服标杆应用，覆盖全省15个市州，为2500万居民提供服务。在智慧城市方面，中国移动在云南楚雄建设了“九天国产算力AI城市治理

算法仓”，实现了垃圾乱扔识别、车辆违停识别、人流量检测等智能应用，助力城市实现数智化发展。在智慧医疗方面，中国移动与北京安贞医院合作推进工信部“5G+智慧医疗示范”项目，落地“九天推理一体机”，将云边一体化AI平台应用于医疗行业。在航空交通方面，中国移动利用“九天人工智能平台”构建了飞机AI辅助检测方案，保障了中国东方航空集团的飞行安全。在企业管理方面，中国移动融合九天AI能力打造了“中移獬智”智慧法务产品，已应用于多家央企，获得了企业管理现代化创新二等奖。在教育方面，“九天·毕昇平台”为高校的人工智能教学实训和科研创新提供支持。

此外，九天内容审核系统为中国移动集团提供服务，在中国信通院的可信AI评测中获得图像类识别全5星证书。中国移动的技术还被应用于反诈推理模型和中移互联网公司的中间号业务，帮助处置了大量涉诈账户，并成功申报工信部“开展防范治理电信网络诈骗创新技术应用”。通过持续不懈的创新和努力，“九天人工智能平台”将带来更多惊喜和突破。

目前，数字技术赋能千行百业已经进入“深水区”，中国移动构建“人工智能大平台”，基于泛在的算力网络提供开放、高效、安全、可控的社会级智能化服务，成为通用智能的供给者、汇聚者和运营者，也为实体经济发展带来新机遇。

数智创新，筑梦未来

算力迭代升级、AI云起潮涌，中国移动迎来了新的战略机遇和技术产业发展趋势。在网络规模、用户规模、算力资源和数据资源等方面的禀赋优势下，中国移动大力推动“5G+人工智能”

规模化应用及价值创新，全面推进数智化能力建设，以构建基于通用人工智能、面向智能服务的“人工智能大平台”为总体目标和关键载体。

在时代洪流中，算力、数据和模型成为了人工智能创新的核心驱动力。中国移动着眼于构建强劲的人工智能大模型，将三者巧妙地融合，发挥央企的特点，充分融入中国移动和运营商的资源优势。

中国移动副总经理高同庆在大会上表示，下一阶段，中国移动将系统推进“大算力、大数据、大模型”融合创新，助力建强“国资人工智能大平台”，实现“模、数、算、台、用”全面技术创新、全要素智慧运营，提供开放、高效、普惠、安全、可控的社会级智能化服务。

一是共筑行业智能基座，加快网络运维、行业通话两个行业大模型研发，与电力、钢铁、医疗、交通等行业龙头共研高水平大模型、高质量数据集，加速各行业数智化转型；二是共谋智算基础设施，联合芯片、服务器等合作伙伴构建支持万卡纳管、千卡并行智算中心，实现智能无所不及；三是共创平台应用生态，与系统集成商、应用开放商等合作伙伴打造高水平、规模化行业智能应用，推动产业创新蓬勃发展；四是共探技术创新高地，与顶尖高校、科研机构等开展前瞻性、原创性、基础性核心技术共探，助力国家人工智能高水平自立自强发展。

居功不自满，守志远大，中国移动以持续创新的步伐锐意向前，打造自主可控、安全可靠的人工智能大平台，为我国经济社会高质量发展提供强有力的支撑，为产业竞争力的提升带来前所未有的机遇。在人工智能之路上，中国移动将以创新融合为引领，让智能无所不达、无所不能，迈向更加辉煌的明天。



5G工厂 接好“5G+工业互联网”下一棒

■ 本刊编辑部 盖贝贝

作为“5G+工业互联网”在工业领域深度融合应用的产物，5G工厂将促进5G在工业生产中由“局部单点”向“生产全局”、由“外围应用”向“生产核心”的跨跃发展，加快工业企业数字化转型步伐，开辟5G与工业互联网融合发展的“新赛道”。

继“512工程”后的重要发展方向

随着新一轮技术革命不断深入发展，全球经济结构面临重塑，我国工业和信息化发展正面临新一代技术革命和产

业变革的历史机遇。5G作为新一代信息通信技术，在制造业数字化转型中发挥着重要作用，5G与工业互联网的融合将加速中国新型工业化进程，为经济发展注入新动能。

工信部自2019年印发《“5G+工业互联网”512工程推进方案》以来，联合产业各方紧密合作、积极探索，共同推进“5G+工业互联网”创新发展，已在十大重点行业培育形成20个典型应用场景，取得了阶段性成效。2022年9月，工信部发布《5G全连接工厂建设指南》（以下简称《指南》），明确了5G工厂建设的

总体要求、建设内容和建设路径，标志着“5G+工业互联网”由起步探索阶段迈向深耕细作阶段。

2023年两会期间，工信部部长金壮龙曾讲道，计划“十四五”期间建设1万个以上5G工厂。5G工厂将充分利用以5G网络为代表的新一代信息通信技术，打造新型工业互联网基础设施，新建或改造产线级、车间级、工厂级等生产现场，形成生产单元广泛连接、信息（IT）运营（OT）深度融合、数据要素充分利用、创新应用高效赋能的先进工厂。

5G工厂的建设热潮即将到来。作

为一项系统工程,5G工厂并不是把5G技术与工业互联网进行简单叠加。而是将5G作为一种关键技术和使能技术,与大数据、人工智能、云计算、边缘计算、VR/AR、数字孪生等各类新一代信息通信技术有机集成,打造新模式、新业态、新场景,推动工厂内“人、机、料、法、环、测”等根据生产实际需要广泛联网,充分利用5G技术打通IT和OT,帮助企业解决数字化转型过程中的难点、痛点和堵点,实现提质、降本、增效、绿色、安全发展。5G工厂是以工厂为重点,但不局限于制造业的传统工厂,只要具备生产现场条件的行业和领域,包括矿山、港口、电力等,均可积极探索建设5G工厂。

5G工厂是“5G+工业互联网”继“512工程”之后下一个阶段发展的重要方向,它以产线、车间、工厂为单位,深化工业互联网在工业企业的落地,加快5G在工业企业的综合部署应用,推动5G产业生态的进一步壮大。更为重要的是,5G工厂可以推动制造业加速向数字化、网络化、智能化方向发展,充分发挥数字化转型对经济社会发展的放大、叠加、倍增作用。

产业发展,百花齐放;典型案例,不胜枚举

5G工厂是垂直领域厂商、运营商、设备商、芯片厂商等行业生态伙伴深入合作的良好契机,也是5G从辅助环节向生产核心环节渗透的落地形式。

作为5G网络基础设施建设的主力军,三大运营商积极助力5G工厂的建设和落地。中国电信始终把5G定制网视为云网融合的最佳实践,通过融云、融安全、融数、融智,打造了十大行业的数百个5G工厂,已经从传统的负责“连接”的运营商,转变成为深度参与工业互联网全体系、全流程、全环节、全要

素的综合智能信息服务提供商,通过5G定制网推进5G工厂建设,助力经济社会数字化转型发展。

去年12月,中国移动提出要在家电、装备制造等劳动密集型行业,力争打造1000个5G工厂,并分享了“中国移动5G全连接工厂能力体系”和“中国移动‘5G全连接工厂’解决方案及产品”。今年3月,中国移动成立了“5G全连接工厂军团”,致力于构建以5G为核心的新型信息服务体系,全方位打造5G工厂。

中国联通高度重视“5G+工业互联网”发展,在“2022年中国5G发展大会”上,时任中国联通董事长刘烈宏在主题演讲中表示,2023年中国联通计划打造1000个5G工厂。目前,中国联通已经打造了雅戈尔、中集、吉利极氪、宝武湛江钢铁、山西庞庞塔矿等一批5G工厂标杆,覆盖了矿山、钢铁、电力等多个重点行业。

如今,全国5G工厂建设火热进行中,据工业互联网产业联盟数据显示,截至目前全国已有1800余个5G工厂项目,涉及29个省(自治区、直辖市),覆盖装备制造、电子设备制造、石化化工、采矿、钢铁、电力、纺织、建材、港口等10个“5G+工业互联网”重点行业,以及有色金属、材料等其他行业,项目类型已包含产线、车间、工厂等各个层级。

例如,美的集团联合中国移动和华为共同打造的家电制造领域全球首个5G工厂——荆州美的5G工厂,第一次真正意义上实现了工业园区全场景依赖于5G,全面实现互联互通落到实际生产经营活动中,当前已落地15类应用场景,各个生产环节通过5G“无缝衔接”,省去了寻常车间里错综复杂的管线,自动化效率大提升。

目前,5G工厂如雨后春笋般在大江南北落地生根,“5G+工业互联网”创新发展形成了千帆并进、百舸争流的良好局

面,正从“试水试航”走向“深水远航”。

5G工厂建设任重道远

《指南》发布已有一年,在这期间,5G工厂建设取得了阶段性进步,但也存在着诸多挑战。

一方面,目前5G工厂建设已跨越“从0到1”的孵化期,向着“从1到N”的规模发展迈进。然而,许多行业之间存在壁垒,即便是同行业不同应用场景间也存在诸多差异,致使规模复制难度增加。

另一方面,一些企业对于新建或者改造5G工厂的意愿不够强烈。5G工厂建设应为企业带来实质性的“提质、降本、增效”。但目前,由于5G专网、模组等设备成本较高,在5G工厂建设前期,企业将会面临投入较多的问题。尽管从长远来看,5G工厂建设会通过生产效率的提高达到降本目标,但前期过高的成本投入仍让一些中小企业“踌躇不前”。

因此,对于5G工厂未来发展,一方面企业在建设5G工厂时,应以自身发展的客观规律和实际需求为导向,以技术可行、成本可控为前提,采用一些超轻量5G核心网产品进行改造。另一方面,国家在5G工厂建设方面也应给予一定的政策支持,通过“减税降费”等政策减轻运营商建网负担。同时,随着5G RedCap技术的应用以及经济型5G芯片的研发,将会进一步降低5G硬件成本,完善产业生态,打通行业规模化发展的关键环节。

5G工厂“风口”已至,万物互联“大幕”开启。在产业界的共同努力下,相信5G工厂建设将不断取得新成果。随着“新基建”的加速落地,5G工厂的建设也将助力网络强国、数字中国建设,不断夯实经济社会高质量发展的数字底座,为全面建设社会主义现代化国家作出新的更大贡献。📶

中国联通范济安：强化底层通用能力 推动5G工厂规模化发展

■ 本刊编辑部 盖贝贝

“目前，中国联通已打造5G工厂1123个，覆盖22个行业以及31个省、市、自治区。当前大部分的案例仍是定制化，但中国联通正在不断总结规模化复制经验。”中国联通大数据首席科学家范济安在接受通信世界全媒体记者采访时表示。

5G工厂，拓展“5G+工业互联网”新场景

以数字化、智能化为特征的新一轮产业革命已经到来，作为新一代信息技术与工业经济深度融合的产物，工业互联网在为工业带来新气象的同时，也迎来了高速发展期。

与此同时，拥有大带宽、低时延、广连接特性的5G技术也正加速融入社会千行百业，尤其在赋能工业建设方面，发挥着愈加重要的作用，“5G+工业互联网”应运而生。

范济安表示：“当前，一些应用场景都亟需引入5G技术，例如大面积的设备联网和数据采集、AGV智能驱动、双链路冗余及分层分级的集中控制、通过高清视频监控实现产品质检和人员行为规范检测等。”

为进一步拓展“5G+工业互联网”典型应用场景，2022年9月，工信部发布《5G全连接工厂建设指南》（以下简称《指南》），明确了5G工厂建设的总体要求、建设内容和建设路径。



中国联通大数据首席科学家 范济安

《指南》发布后，作为数字信息基础设施运营服务国家队、网络强国数字中国智慧社会建设主力军、数字技术融合创新排头兵，中国联通将“5G工厂”列为工业互联网发展的专项考核指标。在“2022年中国5G发展大会”上，时任中国联通董事长的刘烈宏指出，2023年中国联通计划打造1000个5G工厂。

中国联通持续打造5G工厂，成果丰硕

《指南》发布一年来，中国联通建设的5G工厂如雨后春笋般涌现，新技术、新场景、新模式等丰硕成果层出不穷，“5G+工业互联网”的新篇章正徐徐展开。据范济安介绍，目前中国联通已打造1123个5G工厂，覆盖了22个行业、31个省（市、自治区）。

例如在新疆陆港集团中欧班列集结中心，中国联通联合新疆国际陆港集团和中国信息通信研究院，共同上线了全

国第二、新疆首个国家工业互联网标识解析园区型二级节点（新疆），这也是“中欧班列（乌鲁木齐）集结中心-5G+AIoT智慧陆港建设项目”的一部分。

范济安表示，2023年下半年，新疆陆港集团中欧班列集结中心标识解析等应用已投入使用，其它几项应用预计在今年年底前陆续交付使用。“届时将实现高空作业的分解、转移及远程控制，开展远程作业吊机控制、远程驾驶，实现5G智能导引、精确停车、集装箱自动装卸等无人港口作业，提升场站内的无人化、智能化作业水平，提高作业的安全性。”

矿山是发展5G工厂的典型行业之一。在西藏自治区，西藏联通与西藏华泰龙矿业全面配合，打造了高原地区第一座“5G智慧矿山”。据了解，该矿山通过实施“机械化换人、自动化减人、智能化无人”，使西藏华泰龙矿业成为世界海拔4400米以上生产能力最大的地下金属矿山，矿区地表无沉降，数字化转型成效显著，开创了矿山建设运营新模式。

“目前，井下4400、4450米有轨运输中段以5G、无线路由器、光纤多种通信技术为基础，以5G高速无线通信和工业环网为传输平台，实现了井下架线式电机车运输自动控制、远程遥控和人工驾驶三种模式切换的无人驾驶系统，大幅提高了电机车运输效率。”范济安表示，井下运输作业人员由原来的

100余人减少至现在的30多人,井下的有轨运输能力从原来7000吨/天增长到现在的1.6万吨/天,每年可节省有轨运输系统运矿支出2000余万元。

5G工厂实践中的难点与挑战

中国联通在5G工厂建设方面取得了多项令人瞩目的成果,但在实际建设过程中,也存在着诸多难点与挑战。据范济安介绍,当前一些企业对“5G工厂”的认识尚有不足。“往往把5G工厂等同于一些碎片化的点状应用,或者只是通过企业有没有用到某项‘5G产品’去衡量是否达到其标准。”

而真正的5G工厂,正如《指南》中所指出的那样,要充分利用以5G为代表的新一代信息通信技术集成,打造新型工业互联网基础设施,新建或改造产线级、车间级、工厂级等生产现场,形成生产单元广泛连接、信息(IT)运营(OT)深度融合、数据要素充分利用、创新应用高效赋能的先进工厂。

此外,如何提高用户对于5G的认可程度也是目前面临的关键挑战之一。

“因为当前一些企业对‘5G工厂’这一概念了解还不充分,或者对5G真正起到的作用仍有不少疑惑。如何说服用户,让对方认可5G的价值与作用,进而替代现有的网络基础设施、带来创新机会,是目前中国联通推进5G工厂建设方面遇到的最大难点。”范济安谈道。

同时,目前5G工厂已经实现“0到1”的突破,正在迈向“1到N”的飞跃,亟需规模化复制推广。但现有的5G工厂具有高度定制化特性,大型和中小型企业在建设过程中存在差异。范济安一针见血地指出,目前大企业的5G工厂是以5G专网和工厂级/企业级独享型工业互联网平台为代表,汇聚了连网设备的数据、基于数据的数字孪生、各类定制化OT和IT应用或融合类应用,同时也可

享受政府的专项补贴政策;而中小企业则无缘5G专网,其工业互联网平台往往是云端的公共服务平台,上面的软件多属于通用型IT应用,几乎没有OT工控类应用,并且大部分只能申请“上云上平台”的统一政策支持。

另外,5G专网的成本问题也是影响其规模化推广的关键难题。“能否以公共服务的成本得到个性化的网络、平台、应用,尤其是能否得到工控类和OT/IT融合类应用?”范济安说。

踔厉奋发,从定制化走向复制化

未来,5G应用走深向实,5G工厂将由“高度定制化”向“规模复制化”发展。面对不同行业、同一行业的不同企业的5G工厂建设,中国联通如何布局规划?

针对不同行业之间存在的定制化与规模复制推广之间的矛盾,范济安表示,目前大部分的案例还是定制化的,但中国联通在不断总结规模化复制的经验。

一是在边缘侧采用平台技术对传统垂直化、封闭的定制类应用进行“云”化改造,对每台连网设备进行标准化的数据建模。如采用OPC-UA或工业4.0中的ASS标准建立设备信息模型,同时为这些设备补充控制模型和3D可视化数字孪生模型。这些模型库一旦建立起来,就可以采用容器、微服务、编排和DevOps等云原生技术开放给上层应用。在开发时,上层应用可以进行调用,进而形成一个工业操作系统。在这个过程中,上层应用是个性化的,但底层能力是通用的,因此5G工厂建设可以通过底层通用能力进行复制推广。

二是云端平台在汇聚边缘设备生产数据的同时,还可以采集ERP及物联网环境监测中的横向或纵向IT应用系统数据。通过数据中台对数据进行集中化统一治理,同样可通过云原生的方

式开放给上层应用使用,如打造新一代ERP、“双碳”管理等应用,达到规模化复制的目标。

值得一提的是,联通格物Unilink工业互联网平台按照此架构开发,目前已集成工业APP近1.2万个,服务企业超过17万家,覆盖行业达22个,并在2023年以排名第一的成绩入选国家级“双跨平台”。

同时,针对同一行业的不同企业,中国联通也提供了不同产品。2020年,广东联通推出了面向中小企业的智造云平台,以SaaS软件服务的形式提供能耗管理、仓储管理和MES生产管理。在智造云基础上,广东联通还筛选了制造云SaaS应用商店里已上架的工业应用,联合蘑菇物联、鹏飞、幸顿等IoT生态合作伙伴,对其应用进行5G化改造,并将“5G+空压智控”“5G+水智控”“5G+空调智控”“5G+AGV柔性产线”“5G+设备预测性维护”“5G+AI合规监测”“5G+工业视觉”“5G+工业AR”和“5G+工业数采”9种工业应用迁移至5G边缘计算平台MEC上。

目前智造云平台用户量已达到一定规模,在广东惠州仲恺高新区,面对同属电子信息制造业的286家企业,广东联通部署了园区级5G虚拟专网和智造云边缘版平台,为园区内的中京电子、亿纬锂能、龙旗电子等76家电子制造企业提供了5G工厂建设服务,并于2023年2月入选“国家工业互联网平台+园区/产业集群试点示范项目”。

数字经济发展正当时,中国联通已经成为5G工厂建设发展的重要参与者。未来将持续发挥自身资源禀赋优势,以“5G+工业互联网”战略驱动,推动数字经济与实体经济融合,书写数字经济新篇章,为数字中国建设贡献更多力量。

稳步创新发展元宇宙 开启数字经济“下半场”

■ 中国信息通信研究院 詹远志 颜媚

元宇宙是对人工智能、虚拟现实、区块链等新一代信息技术的集成创新，随着我国产业数字化转型步入深水区，数字经济进入与实体经济融通发展的新阶段，创新发展元宇宙产业成为建设现代化产业体系的必然要求，将有力支撑制造强国、网络强国和文化强国建设。近日，工业和信息化部、教育部、文化和旅游部等五部门联合发布《元宇宙产业创新发展三年行动计划（2023—2025年）》（以下简称《计划》），此举标志着我国元宇宙产业发展获得国家层面的统筹指导，我国数字经济建设“下半场”的大幕正式拉开。

政策引领，元宇宙产业发展路径清晰

明晰元宇宙概念内涵

近年来，经过产业界探索发展和学术界深入研究，元宇宙的概念逐渐清晰，即数字与物理世界融通作用的沉浸式互联空间。一方面，强调数字与物理世界融合。元宇宙的概念并非纯粹的数字世界和虚拟游戏，而是和现实世界深度融合的互联空间，二者将叠加、互促、共同发展，双向提升生产力。国际电信联盟和Gartner的元宇宙概念与《计划》中高度一致，包括了数字与

物理两个世界融合发展的含义，这为元宇宙全球发展建立了概念共识。另一方面，沉浸交互是元宇宙的显性特点。元宇宙产业在技术上要加强信息交互能力，在产品和应用上要提升用户的沉浸感，构筑扎实的产业创新体系。传统二维互联网向三维跃升将成为元宇宙的显性特征，也将是未来产业竞争发展的关键。韩国已经抢先布局，预计到2025年沉浸式经济规模将达到30亿韩元。

明晰元宇宙产业发展路径

元宇宙描绘了数字世界与物理世界的未来长远发展愿景，但当前的信息技术与产品服务尚不足以有效支撑其实现。《计划》为实现元宇宙愿景目标指明了发展路径，要系统性谋划、工程化推进、产业化落地，稳步推动产业健康有序发展。一是释放融合创新能力。推动新一代信息技术在元宇宙中的集成应用，人工智能用于生成元宇宙的基本要素，虚拟现实打造沉浸可交互的三维场景，区块链支撑分布式身份和资产认证，全面推动数字新技术融合互促发展。二是依托场景牵引技术应用。《计划》指出要开拓元宇宙应用场景，以场景建设带动元宇宙技术与产品落地应用。我国前期积累的信息技术基础需要依托新场景迭代创新，根据各垂直领域特点提升

专项指标，打造有行业特色的元宇宙。三是分阶段推动愿景实现。产业界应分阶段构建合理产业目标，逐步实现泛在、通用、无感的元宇宙空间，久久为功推进生产生活的数字化跃升。

加速聚合元宇宙产业链供应链

当下，产业界应大力促进元宇宙产业上下游聚合，以现有信息产业为基础，推动典型产品及服务革新，加速构建元宇宙产业供应链。

在硬件产品方面，布局多层次元宇宙入口。XR头显和裸眼3D产品将成为新型硬件终端的引领者，带动高清图形显示屏和轻量化材料发展，加速元宇宙产业规模化。电视、手机等传统终端将与元宇宙适配，丰富元宇宙入口形式，释放存量市场需求。“脑机接口”等前沿技术将持续探索创新，形成元宇宙长期发展的驱动力。

在软件服务方面，应重视生成式人工智能的颠覆式变革。数字人和虚拟时空平台需要生成式人工智能在底层创新支撑，以提升智能交互体验；打造便捷、精细的开发工具，构建全新的虚实交互模式。生成式人工智能将提高元宇宙内容生成效率，形成智能写作、智能绘画、智能编曲等新型软件服务，促进“创作者经济”壮大。

我国元宇宙创新发展仍存挑战

核心技术短板尚未补齐

元宇宙产业创新仍需底层技术支撑,我国在关键基础元器件、工具软件等方面较国外仍有差距,核心创新能力不足。一是关键基础软件未能充分迭代。建模软件、绘制引擎、物理仿真引擎等元宇宙基础软件仍由海外企业占据市场主导,亟需构建成熟的创新发展模式。我国的三维引擎商业化进程相对较慢,已有的国产引擎产业未形成公认的行业标准。二是基础元器件性能仍然不足。图形处理器、高端传感器、光学显示器等核心基础硬件的性能难以满足元宇宙需求,超高分辨率、高精度人机交互等将是重点攻关方向。英伟达、AMD、英特尔、高通等企业在图形处理器研发上占据绝对优势,我国企业与其有近10的年技术差距,需加紧追赶突破。三是技术融合有待进一步深化。人工智能、虚拟现实、区块链等新一代信息技术集成创新能力仍有不足,现阶段各项技术仍以独立发展为主,深度融合互促程度较低,协同创新有待加强。

工业深度应用难度大

产业数字化转型进入深水区,元宇宙赋能实体经济的门槛较高,存在“脱实向虚”的风险。一是工业链条各环节尚未彻底打通。当前设计、生产、测试等制造业环节的数据未能充分互通,工业全流程的物理仿真与展示平台尚未构建,打破时空边界的全链条协作仍存在较大困难。二是工业生产实体数字化转型尚不充分。工业产线、车间、园区的数字化水平仍然不高,工业生产的装备未能普遍联网,产品制造过程未实现有交互的实时监测,难以构建高精度的工业虚实映射体系。三是工业数据资产化进程较慢。设计图、三维建模、制造方

案等工业数据未能形成数字资产,工业数据流通价值尚未充分释放,无法有效利用工业数据融资,上述因素制约了工业领域开拓数据要素新市场。

安全可信的产业治理能力有待探索

元宇宙创新发展带来治理新挑战,内容审核亟需拓展新维度,资本市场需要开发新的管理模式,安全保障能力有待进一步升级。在内容管理方面,信息内容的升维将加大监管审核难度。元宇宙的多元数据信息具有较高的风险,三维人物模型进行虚假宣传的迷惑性更强,虚拟空间中的不良信息传播更加隐蔽,生成式人工智能的输出结果更难控制,现有的内容管理模式难以匹配元宇宙的发展。在市场管理方面,防止资产新要素炒作将成为新挑战。加密货币、数字资产等容易引发新的市场热潮,高流动性也将提升监管难度,虚实融合的特征易传导到实体经济。此外,元宇宙的产权问题仍在研究探索中,有效治理手段相对匮乏,亟待进一步完善。

对我国元宇宙未来发展的建议

加强顶层谋划,统筹布局产业发展

元宇宙涉及数字经济与实体经济的深度融合,横跨实体产业、文化、媒体等领域,需要汇聚多方力量协同推进,全面促进产业有序发展。一是加强宏观长期谋划。元宇宙愿景的实现需要较长时间,短期内产业发展存在波动,要坚定推动元宇宙持续发展,合理规划阶段目标,稳步推动成果落地。二是统筹部署跨部门工作。元宇宙产业需要多部门协同治理,平衡创新发展与安全监管,营造健康有序的政策环境;要持续完善元宇宙法律法规体系的建设,探索“以新治新”的审核与监管模式,提升安全监管体系智能化水平。三是强化“央

地”协同发展。加快跨区域创新协作,依托新一代信息技术先导区建设基础,结合文化和旅游特色优势资源,因地制宜发展元宇宙产业。

突破关键技术,夯实产业创新基础

元宇宙产业核心技术尚未突破,关键软硬件的性能指标无法满足沉浸交互式体验需求,要通过“产学研用”协同发力,加快技术创新迭代。一是打造融合创新载体。元宇宙复合应用人工智能、虚拟现实、区块链等新技术,产业界需要布局元宇宙实验室和创新中心,推动共性基础技术研发,加快融合创新突破。二是加强应用场景牵引。积极开拓元宇宙应用场景,推动元宇宙赋能工业制造、生活消费、公共服务等领域,带动元宇宙产品与服务落地,促进技术迭代发展。三是提升信息基础设施水平。元宇宙对网络、算力、存储等信息基础设施提出新的需求,要打造高速率、低时延、全域覆盖的网络,建设云边一体、算网一体的新型算力网络,完善可信数据存储体系。

推动跨国合作,提升全球发展竞争力

元宇宙产业已进入筑基阶段,国际组织加紧推动产业协同。我国各方力量需及时布局全球,打造有国际竞争力的产业生态。一方面,积极参与元宇宙国际标准体系建设。国际电信联盟、国际电工委员会、元宇宙标准论坛等组织持续推动元宇宙的新标准立项,中国信通院、中国电科院、中国电信等多家单位已重点参与,但仍需国内产业界更多单位参与元宇宙标准的深入研究,将我国技术标准向全球推广。另一方面,完善全球元宇宙治理体系。联合国和G20等国际组织进一步提升了对元宇宙的关注度,“统筹发展和安全”成为重点议题。我国亟需将治理主张融入全球框架,推动元宇宙产业健康有序发展。CW

中国移动的“破风”之旅 为5G芯片自主可控“雪中送炭”

■ 本刊编辑部 包建羽

有这样一群人，在自行车竞速赛中，冲在最前方，助力身后队友奋力夺冠，他们是车队的“破风手”；有这样一颗芯片，在5G核心技术攻关中，实现“从0到1”的关键性突破，填补了国内5G可重构射频收发芯片领域的空白，它就是“破风8676”芯片。

在中国移动第四届科技周期间，中国移动正式发布核心自主创新成果——“破风8676”可重构5G射频收发芯片，这标志着我国在提升5G网络自主可控度上又迈出坚实一步。

“‘破风’是我们注册的芯片自主品牌商标，‘86’是中国的国际区号，代表芯片由中国自主研发，‘76’是内部研发序号。”中国移动研究院院长黄宇红在接受通信世界全媒体记者专访时自豪地讲道。“‘破风8676’是中国移动研究院在集团公司的指导下研发的首颗应用于5G网络核心设备中的短板芯片，也是中国移动践行高水平科技自立自强的‘破风手’。”

攻坚：从“破风手”到“破风8676”

当前，我国已经建成全球规模最大、技术最先进的5G网络，建成5G基站超305万个，5G移动电话用户超6.76亿户，5G发展走在世界前列。而芯片

作为信息通信产品的核心部件，不仅是5G发展的重中之重，还对现代科技、经济发展和国家安全具有非常重要的意义，但目前我国在5G发展中还有部分专用芯片存在短板。

技术攻关并非一日之功，需要科研投入及业界久久为功，尤其是芯片研发，技术门槛高、投入资金量大、研发周期长等都是需要克服的难点。同时，芯片设计公司在研发时也面临着很难打通上下游供需关系的困境，以致于难以精准把握芯片的应用需求和规格指标，进而严重影响攻关成效。

对此黄宇红表示，中国移动勇担移动信息现代产业链“链长”重任，积极发挥“扁担效应”，打通产业链上下游，基于自身的技术积累，通过研发和应用双向牵引，带领芯片设计公司和设备厂商等产业合作伙伴，以技术创新和模式创新，打通芯片设计、整机集成和网络应用全链条，成功研制并发布“破风8676”芯片。

据黄宇红介绍，“破风8676”芯片的研制需求来自于当前运营商5G网络建设重点的室内深度覆盖和行业应用相关站型需求，包括5G云基站、皮基站、家庭基站。射频收发芯片负责5G基站无线电波模拟信号和数字信号之间的高速转换，是上述多款5G基站中的关

键核心器件，研发难度高、产业积累薄弱、应用需求迫切。中国移动充分考虑产业攻关和应用需求，以及团队在无线网络和射频领域的深厚技术积累，选择将这颗芯片作为切入点。

克难：在沙漠中跑马拉松并成功撞线

正如成功的花，浸透了奋斗的泪水和汗水；想要取得突破性成果，其征途也必定不会一帆风顺。正是这一路走来的探索与寻觅、艰辛与汗水，见证了中国移动的“破风”之旅。

黄宇红介绍道，“破风8676”芯片是中国移动首次探索5G网络设备核心芯片研制领域。芯片的研发周期之长，其间经历的困难与挑战也是前所未有的。借用团队成员中国移动首席专家胡臻平的形象比喻——“破风8676”的研发就像是一场在沙漠中举行的马拉松比赛。

在芯片研制过程中，一方面需要研发团队快速进行角色和能力的转变，从甲方身份转向乙方身份，并充分了解用户和市场的需求，从网络级和系统级能力向芯片级底层下潜，达到芯片全流程研发的技术需求。另一方面，面对芯片攻关技术难度大、不确定性强、任务重、时间紧的困难，研发团队既要有深厚的技术功底和市场嗅觉，又要有应对



“破风8676”技术总工王大鹏与负责人李男在研发中交流

图片来源: 中国移动

研发挑战和需求变化的灵活调整能力，还要具备强大的抗压能力。

“虽然这是我们第一次做芯片研发，但我们不想‘锦上添花’，而是要‘雪中送炭’”。黄宇红坚定地说。在近3年的攻关合作中，从芯片的规格定义到最后的整机集成应用，过程虽然漫长，但经历也足够回味。

万事开头难，在项目立项之初，黄宇红院长、丁海煜副院长就与团队成员一起讨论，应该做一款什么样的芯片才能既符合应用需求，又具备市场竞争力。经过多次深入探讨，团队最终将研发射频收发芯片确定为主攻方向。但该类芯片采用数模混合工艺，不仅规格指标多而且复杂，轻则成本高、功耗高、研发周期长，重则性能不达标，完全无法使用，导致前期巨大的研发投入和整个团队的心血都付之东流。

为了解决这个难题，“破风8676”研发负责人、中国移动研究院无线与终端技术研究所副所长李男和“破风8676”技术总工、中国移动研究院首席专家王大鹏，带领团队充分发挥中国移动在网络和整机设备方面的系统优势，通过深入分析以及自主研发的系统级、射频链路级仿真平台的不断前反向迭代评估，制定出了一套“不溢不缺”的射频指标标准，能够在满足网络和整机需求的前提下，大幅降低设

计难度。在科学合理的规格设计基础上，为最大化适应芯片市场需求，结合多运营商、多频段、多站型、多架构应用需求，研发团队创新性提出了可重构设计技术体系，实现一“芯”多用，使芯片从研发初期就“占领制高点”，赢在起跑线上。

在芯片设计中，参与企业与实验室紧密协作、合理分工，共同攻坚克难。研究院芯片团队成员在设计阶段往返实验室里程累计达4万千米，可绕地球一圈，独立完成近30%的芯片模块设计，实现研发能力从网络到设备再到芯片的“三级跳”。设计接近尾声，团队发现数字削峰模块在设计时缺乏对不同场景的适配，并及时纠错，在一周时间内完成算法和代码设计迭代，避免了因芯片设计导致的缺陷。

突破芯片设计大关后，紧接着就是加快芯片调试的步伐。为了让芯片尽快面世，研究团队继续与时间赛跑，面对疫情冲击，不分昼夜地奋战在芯片调测新冠肺炎“战场”。从去年12月14日起，每晚9点实验室的灯光下依旧是王大鹏带领团队成员与合作方专家共同制定高效调测方案。当一个又一个“拦路虎”被解决掉，团队成员逐渐露出欢欣的笑容。历经半年多的艰苦打磨，“破风8676”芯片终于达到商用要求，并成功在用户整机中集成，指标满足集采设备

规范要求。至此，研究团队经过三年奋战终于交出了一份满意的答卷。

正如黄宇红所说，在整个过程中，中国移动与合作伙伴经历了从陌生到熟悉，从防备到信任，再到成为可以把后背交给彼此的“战友”，共同克服了一项项技术挑战，最终成功研制出这颗芯片。借本次专访，黄宇红也希望代表团队向与中国移动并肩作战的合作伙伴致以诚挚的感谢。

远行：从底层突破到产业繁荣

从底层突破看应用创新，“破风8676”芯片是国内首颗基于可重构架构设计的5G射频收发芯片，可广泛应用于当前5G室内深度覆盖和行业覆盖所需的云基站、皮基站、家庭站等站型。

黄宇红将介绍道，“破风8676”芯片的可重构和低功耗设计，可以使其快速适配于多款站型，降低基站产品的研发难度、功耗和成本，进一步提升我国网络核心设备的自主可控度，丰富移动通信产业生态，满足多样性5G行业应用和低成本深度覆盖需求。

从应用创新看创新引领，中国移动在提升自身科技创新能力的同时，积极布局产业协同发展。从创新引领看产业繁荣，以“破风8676”芯片为代表的科技创新成果，不仅看到了中国移动勇担产业发展重任的实力与担当，还看到了产业链上下游紧密协同攻克关键技术的信念与能力。

黄宇红表示，从已有成果中借鉴经验，正视与国外成熟竞品在部分指标上的差距，产业各方在未来还应继续开拓芯片研发，促进我国5G芯片技术与产品成熟度不断提升；在满足我国5G网络高质量发展和网络强国建设需求的同时，各显所长，共同构建全球多元化产业生态。📶

探访青海数字乡村 绽放在雪山下的数智之花

■ 本刊记者 刘启诚

玛沁县地处青海省东南部，果洛藏族自治州东北部，是“三江源”国家级生态保护区所在地，盛产虫草，也是国家160个乡村振兴重点帮扶县之一。在玛沁县，有藏区四大神山之一的阿尼玛卿雪山。蓝天、白云、雪山，美丽的玛沁县近年来更是迎来数字化发展的大潮，在中国移动、华为等企业的大力支持下，玛沁县建起一座座移动基站，布下一根根光纤，大力进行数字乡村建设。如今，数智之花已在雪域高原四处绽放，数字化带来的巨大便利，让这座雪山脚下的县城处处洋溢着欢声笑语。

通信世界全媒体记者近日奔赴青海玛沁县，实地探访玛沁县数字乡村的建设情况。

一张雪山下的通信网

位于阿尼玛卿雪山下的雪山乡阴柯河村九大队，海拔将近5000米，地理位



矗立在青藏高原上的中国移动基站

来源：中国移动

置极其偏远，只能通过步行或骑摩托车到达。这里的牧民长期过着与世隔绝的生活，在外地打工、求学的亲属无法与家人联系，牧民迫切需要解决对外通信的难题。

为此，中国移动青海公司果洛分公司（以下简称“果洛移动”）决定在阴柯河村建设5G基站。但在玛沁牧区建设基站，殊为不易，这里海拔高，放眼望去都是茫茫草原，人烟非常稀少，基站建设所需的资金、设备、人员都是横亘在眼前的“一座座大山”，而九大队的建站难度更大。听到中国移动要在村里建设移动基站的消息后，村民们兴奋不已，自发地组织人员、牦牛，帮助中国移动的施工人员的搬运设备物资。

同时，为解决基站信号传输距离有限、建设难度大的问题（山路陡峭、天气恶劣等），2023年6月，果洛移动联合华为及卫星通信厂商，在阿尼玛卿雪山上搭建了卫星通信测试点，为当地牧民提供通信保障，更好地助力当地的产业振兴和居民生活。

说起有了移动通信的好处，雪山乡阴柯河村村委副书记昂保加感慨万千，这位雪域汉子听说记者们要来采访，一大早就赶了过来。昂保加说，村民之所以这么积极帮助中国移动建设

基站，是因为大家知道，有了移动电话，不仅可以与亲人们随时联系，还能通过网络将虫草和牦牛肉等特产卖出去。而在两年之前，这一切简直就是奢望。

果洛移动总经理李占钊介绍道，近三年以来，果洛移动联合华为在玛沁建设了4G/5G基站149个，建起了一张雪山下的通信网，实现乡镇以上区域5G网络全覆盖，解决了80余处无网络和弱覆盖的问题。2023年，果洛移动将新建基站39个，进一步完善牧区的网络覆盖；落实“宽带中国”，光纤覆盖用户超2万户，实现玛沁全域“双千兆”网络建设布局。如今，通过这张通信网，玛沁的虫草、牦牛肉、奶制品通过电商走向全国，国内外游客通过慢直播就能欣赏到阿尼玛卿雪山美景。

让数智技术造福雪域高原

有了通信网络，不仅方便牧民们联络，更是对玛沁社会生活各方面都产生了巨大影响。在玛沁县第三民族小学，记者看到牧区的孩子们正在上一堂生动别致的远程教学课。

“同学们好，今天我们学习的课程是‘中国有了共产党，开天辟地的大事变’。”授课老师是来自400千米以外省会西宁北大街小学的马晓艳老师，学生和老师相隔两地通过网络在一起上课，



玛沁县第三民族小学学生正在上课

来源: 中国移动

这样的课程如今在玛沁县第三民族小学可以定期开展。

玛沁县第三民族小学副校长蒋清华介绍说,第三民族小学97%的学生都是牧民的孩子,2013年中国移动投资640万元援建教学楼,近年来更是帮助校方建设了电教室、智慧教育平台,用信息化、数字化开拓孩子们的眼界,带动教育发展。

据了解,除玛沁县第三民族小学外,中国移动还在玛沁县多个学校部署了远程教学系统,让当地学生有机会享受上海、西宁等地的优质教学资源。同时,中国移动还为全县多所中小学建设多媒体教室,打造视频监控和电视电话会议等系统,大大提升了当地教育的数字化水平。

乡村教育数智化工程带来了优质教学资源,帮助牧区的孩子们拓宽了视野和知识面,让老师和孩子们都从中受益匪浅。同时,乡村医疗数智化工程更是提升了牧区的医疗卫生水平,在中国移动的扶持下,玛沁县在今年8月建成了高原“5G+智慧医疗实验室”,这里也是玛沁县人民医院的“远程医学中心”。医学中心建立后,针对收治的多名重症患者,玛沁县人民医院与上海第四人民医院专家开展了远程会诊,根据患者病情,多学科专家可以在线上从不同专业角度详尽分析、集中讨论,确定救治方案。

玛沁县人民医院副院长治文辉介绍说:“远程医学中心的建成意义太大了,

上个月我们在远程医学中心与上海第四人民医院的专家集中会诊了两位急危重症患者,从我们医院本身的医疗水平看,救治这两位危重患者是非常棘手的,而通过远程会诊,我们与上海的15位医学专家沟通了两个多小时,最终确定了诊疗方案。”

记者在玛沁县人民医院看到了一辆巨无霸的“移动医疗一体车”,这辆车也是目前青海省唯一一辆载有40排CT的“移动医疗一体车”。通过这辆医疗车,医疗专家可以在上海实时会诊2700千米外玛沁县人民医院的CT影像检查资料,并出具影像诊断报告。据悉,该项远程影像会诊创新融合了车载高清CT成像、5G远程通信、AI辅助诊断、影像专家复核会诊等多项先进技术,由中国移动、上海第四人民医院、上海嘉定某科技企业合力打造,通过医疗车的应用,将上海先进的医疗资源引入偏远区域,解决了牧区牧民看病难的问题。

在诊断、急救和护理等场景中提供实时、远程、高移动性、数字化的医疗服务,只是中国移动帮扶玛沁县13年来的一个缩影。近年来,中国移动在通信基础设施建设、数字乡村、智慧校园、智慧畜牧等方面均有突破。“正是因为中国移动一代又一代援青人的努力,才让玛沁的广大牧民切实感受到信息化、数字化带来的‘红利’。”中国移动援青干部、玛沁县人民政府副县长辛刚介绍说。

助力乡村振兴,中国移动担当央企责任

玛沁县是160个国家乡村振兴重点帮扶县之一,同时也是中国移动对口帮扶县。自2010年承担玛沁县的对口支援工作以来,中国移动先后选派帮扶干部11人(挂职副县长6人,目前在任干部是辛刚,驻村干部5人),累计捐赠无偿帮

扶资金1.9亿元,援建教育、医疗、民生等近50个项目,助力玛沁县巩固拓展脱贫攻坚成果,衔接推进乡村全面振兴。

辛刚介绍说,中国移动主要是从五个方面开展帮扶工作。一是发展特色优势产业。投入5800多万元,实施民族特色产业孵化基地、农畜产品物流产业园等12个产业项目,提升县域经济水平。二是聚力完善民生保障。投入4600多万元,援建民族小学教学楼、农牧民定居工程、农牧区饮水安全等7个项目,改善牧民居住环境。三是持续开展信息化帮扶。投入1500多万元,建设“互联网+健康”、县镇小学多媒体、远程教育等项目,提升玛沁县信息化服务水平。四是合力推进消费帮扶。通过线下、电商等渠道积极开展产销对接,购买和帮助销售玛沁县农产品近500万元。五是开展爱心帮扶专项活动。集团公司直属团委持续6年在玛沁县开展“和你在一起”爱心帮扶活动,共资助570名学生,资助金额46.34万元。2022年,通过中国移动公益平台以智能化、线上化的方式资助95名学生,资助金额11.4万元。

中国移动乡村振兴办公室主管杨志军介绍说,在助力玛沁县数字乡村建设中,2023年中国移动捐赠无偿帮扶资金2400万元,实施玛沁县人民医院“5G+智慧医疗”建设、玛沁县牧区民族学校配套改善建设、玛沁县城乡基层乡村治理服务提升项目、玛沁县乡村振兴示范点4个项目。

据介绍,中国移动在全国共承担了1442个县、乡、村的帮扶任务,累计承担帮扶点3100个。中国移动严格落实中央“四个不摘”要求,聚焦巩固拓展脱贫攻坚成果,持续开展资金、人才、智志、消费、民生、产业、党团“七项帮扶举措”。自正式开展中央单位定点帮扶考核以来,中国移动连续五年获得最高等次评价,近四年连续位居央企前三名。CW

中移互联：攻坚技术难题 筑牢网络安全“防火墙”

■ 中移互联网有限公司 谢莎 林佩玫

2023年9月11—17日是国家网络安全宣传周，今年的国家网络安全宣传周以“网络安全为人民，网络安全靠人民”为主题。基于运营商特有的号卡安全能力，中移互联网公司（以下简称“中移互联”）积极加入网络安全“攻防战”，主动攻坚网络安全相关的技术难题，构建了国有运营商、国有网络、国产设备、国产芯片、国密算法五个“国有”安全产品体系，赋能千行百业，全方位筑牢网络安全“防火墙”。

一张“安全网”让网络攻击无所遁形

随着网络攻击手段越来越多元化，网络安全风险日益加剧。针对传统网络安全边界模糊、网络资产暴露面大等问题，中移互联创新打造了“超级SIM安全网关+5G双域专网”解决方案，确保数据传输管道安全，为政府、医院和高校等织牢织密网络安全防护网。作为“超级SIM+5G双域网关”在政务领域应用的实践案例，中移互联协同广东移动在广东省打造了全国首个省域5G电子政务外网，推动网络安全从单点可控迈向全程可信，覆盖超160万公职人员。

在江西省，面向医疗信息化领域，中移互联携手寻乌医院打造首个乡村医院超级SIM安全网关标杆项目，有效解决医院在热点状态、异地登录等环境下的网络安全隐患，提供符合国家等保标

准的安全服务，为15个乡镇28万人口提供医疗数据安全保障。

一把“安全钥”让网络窃密无从破解

随着《网络安全法》及《密码法》等相关法律法规的不断完善，对关键信息基础设施进行商用密码应用安全性评估的要求愈发清晰明确。针对“密评密改”场景需求，中移互联自主研发了超级SIM智能密码钥匙产品，打造了超级SIM国密资源池解决方案，为全国各地政务云系统提供了一套标准化的密码调用接口，实现“一站式”交钥匙的密码应用服务。

在云南，中移互联打造了云南省政务云“1省节点+6地市”密码统一管理平台，实现全省“统一资源、统一视图、统一权限、统一运营、统一运维”的规划管理，覆盖云南16个州市、1000余家等保3级业务系统、超1300万人口。

在广东省中山市，中移互联支撑中山市政务服务数据管理局，为全市云上政务系统打造了“统一平台、统一模式、统一接口”的密码服务体系，提升了政务云系统信息安全保障能力。目前超级SIM国密资源池解决方案已入选国务院国资委首届“国企数字场景创新专业赛”创新场景，后续将优先纳入国有企业数字化转型示范场景培育清单。

一张“安全卡”让网络诈骗无处生根

如何系统解决电信诈骗问题？在反诈防诈技术攻坚战中，中移互联深入调查研究诈骗行为特征和规律，基于超级SIM卡“一人一号一卡”的优势能力，打造了“超级SIM反诈安全卡”应用，构建了“入网管控—风险识别—预警劝阻—处置管控”全流程反诈解决方案，助力公安机关从根源上阻断电信诈骗。在涉诈预警阻拦方面，反诈安全卡是用户的“识诈慧眼”，利用反诈阻断和呼叫转移技术，通过必达通知将当前施诈行为告知用户，及时劝阻提醒被诈人；同时通过亲情网，让用户在挂断诈骗电话的同时接通家人电话，实现二次劝阻。在涉诈处置管控方面，反诈安全卡是警方的“鉴真利器”，通过必达通知发起在线实名认证，用户在验证通过后才能继续使用号卡功能，让诈骗分子无法利用他人号卡继续实施诈骗，及时阻断诈骗。目前，中移互联已联合公安机关开展反诈治理工作，年均预警劝阻人员超1000万。

网络无边，安全有界。中移互联将牢固树立“以人民为中心”的发展理念，持续聚焦网络安全“赛道”，加快将号卡产品打造成国家级新型信息安全基础设施，融入经济社会民生，筑牢网络安全防线，切实保障人民群众在网络空间的获得感、幸福感、安全感。CW

Wi-Fi 7技术标准 与发展趋势研究

■ 中国信通院博鼎实华无线终端部 彭程 周士瑜

Wi-Fi 7是新一代Wi-Fi技术标准,协议代号为EHT (Extremely High Throughput),即极高吞吐量。顾名思义,该标准通过新型的物理层和数据链路层技术,将Wi-Fi的性能推向了新的高度,使其高速率、低延时、多并发的特性可以更好地支持虚拟现实、超高清等新兴应用的发展。

Wi-Fi的发展历史

Wi-Fi技术主要是指采用IEEE 802.11协议族标准的无线局域网技术。Wi-Fi技术经过20余年的发展,目前已成为无线终端接入互联网的主要方式之一,具备速度快、成本低、组网便捷等特点,适用于短距离无线通信场景(如家庭、室内办公、娱乐等)。目前越来越多的终端设备(如个人电脑、手机、平板电脑、传感器、智能家居设备等)通过Wi-Fi接入互联网。早期的Wi-Fi标准IEEE 802.11-1997最高速率只能达到2Mbit/s; IEEE 802.11b将速率提升到了11Mbit/s;引入了OFDM等技术后, IEEE 802.11g和IEEE 802.11a物理层速率提升到了54Mbit/s。之后IEEE 802.11协议族演进出了三代经典的标准:

IEEE 802.11n、IEEE 802.11ac和IEEE 802.11ax,也就是人们熟悉的Wi-Fi 4、Wi-Fi 5和Wi-Fi 6技术标准。

IEEE 802.11n (Wi-Fi 4)加入OFDM、MIMO、MAC层聚合等技术,最高速率达到了450Mbit/s。IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5)技术标准将带宽增加到了80MHz和160MHz,加入波速成形、下行MU-MIMO等技术,物理层最高速率达到6.9Gbit/s。IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)标准则旨在解决Wi-Fi的网络效率问题,提升密集环境下用户的网络性能,其参考借鉴了4G的OFDMA技术,同时又引入了1024QAM高阶调制、SR空间复用和上下行MU-MIMO等技术,最高速率可达到9.6Gbit/s。

Wi-Fi 7的设计目标

随着电子信息技术的发展,市场上的新兴应用层出不穷,例如4K/8K高清视频、虚拟现实、视频会议等,这些应用对无线通信带宽有了更高的要求,如4K/8K高清视频要求数据传输速率达到20Gbit/s以上。目前很多应用除了高速率之外,对时间敏感度(如时延、

抖动、丢包率等)也有很高的要求,例如大型网络游戏、工业物联网和虚拟现实等新兴应用,要求时延在10ms以下。Wi-Fi 7的设计目标是利用现有的2.4GHz和5GHz频段以及新增的6GHz频段,兼顾高性能和高可靠性两方面特性,使得Wi-Fi速率达到30Gbit/s以上,时延降低到5ms以下。据悉, IEEE 802.11be工作组成立于2019年,目前标准制定进行到DRAFT3.0版本,预计2024年底Wi-Fi 7标准将正式发布。Wi-Fi联盟也成立了Wi-Fi 7的TTG工作组,计划在2023年底启动认证测试。

Wi-Fi 7应用场景

虚拟现实

随着元宇宙概念的提出,越来越多的线下场景被数字化。高性能的XR设备是元宇宙的入口终端(主要包括VR一体机、VR/AR眼镜、VR头盔等),旨在打造一个身临其境的数字化场景,用户通过XR设备能够获得与真实世界一致的用户体验。例如运动类VR程序在虚拟环境中可创建一个运动环境(如乒乓球桌、网球场、羽毛球场等),用户能够通过VR设备进行各种球类运动,仿佛置身真实场地中。此类应用终端要

在第一时间捕获用户的实时动作和身体姿态, 因此对无线网络提出了较高要求, 高速率、多并发和低时延才能满足此类应用, 而这正好符合Wi-Fi 7的技术特点。

视频会议/在线办公

疫情三年, 居家办公、视频会议、在线办公、云端办公成为很多公司员工主要的办公方式。在后疫情时代, 视频会议、云端办公等办公方式以其效率高、互动性强、成本低等特点被不少公司保留。伴随着4K/8K超高清技术的引入以及在线人数的增多, 人们对高速率、无卡顿网络的需求与日俱增, Wi-Fi 7的发展恰逢其时。此外, 无论是居家办公还是现场办公, 随着云端应用和物联网应用的增加, 用户也需要更低的延迟和更高的上传/下载速率, 以实现高效办公。

游戏场景

近年来, 电子游戏行业快速发展, 游戏形态层出不穷, 特别是以“王者荣耀”为代表的手机游戏发展异常火爆。此类游戏通常在一个场景中会有多个不同的玩家, 游戏终端与游戏服务器不断实时交换游戏生成的数据, 因此必须保证数据的实时性, 若延时过大就会影响用户的游戏体验。云游戏是一种新兴的电子游戏, 它允许计算量大的游戏在玩家的低成本终端设备上运行, 这与在传统平台上运行的游戏形成鲜明对比。在云游戏中, 用户的终端设备不需要渲染图片或视频, 这项工作云端服务器完成, 因此需要高速率、大带宽的网络配合, Wi-Fi 7高速率、低时延的特性正好满足此类需求。

工业互联网

工业互联网的数据传输以往通过有线网络进行, 目前正在进行从有线到无线的升级。Wi-Fi 7大带宽、低时延

的特点十分契合工业场景, 例如其大带宽、高速率特性能够支持工业场景实时的视频采集; 低时延、高可靠特性能够保证工业设备控制的准确性; 高可靠特性能够保证AGV的无缝漫游。

Wi-Fi 7核心技术

为了达到更高的性能, Wi-Fi 7采用了320MHz带宽、4096QAM高阶调制、多空间流、多RU策略、多链路运行(MLO)等技术。

320MHz带宽

为了支持更高速率, Wi-Fi 7将最大带宽提升到了320MHz, 带宽的提升使其能够达到30Gbit/s及以上的速率。320MHz带宽的使用也与6GHz频段的开放有很大关系。美国政府2020年4月23日发布法规, 将全部6GHz频段(5925—7125MHz, 共计1200MHz带宽)用于免许可业务。欧洲开放5925—6425MHz的500MHz带宽用于免许可业务。拥有6GHz频段的支持, 新一代的Wi-Fi 7技术能够使用连续的320MHz带宽进行数据传输。

高阶调制

高阶调制一直是Wi-Fi技术演进中的重要一环。Wi-Fi 7最高支持4096QAM高阶调制, 每个符号能够携带12个比特位。Wi-Fi 6最高支持1024QAM, 每个符号携带10个比特位。因此Wi-Fi 7的性能相比Wi-Fi 6提升20%。

多空间流

自Wi-Fi 4引入MIMO技术之后, 多空间流一直都是Wi-Fi技术提升性能的手段之一。Wi-Fi 7最高支持16空间流, 较Wi-Fi 6的8空间流提升了一倍。

改进的OFDMA策略

Wi-Fi 7在多址技术上继续采用

正交频分多址技术(OFDMA)。自Wi-Fi 6开始, Wi-Fi借鉴蜂窝无线网络, 引入了OFDMA技术, 增加了RU的概念, 但Wi-Fi 6的OFDMA技术仍存在局限性, 每个终端只能分配到一个RU。Wi-Fi 7改进了OFDMA技术, 在规则内允许单个终端占据多个RU, 使频谱效率再次得到提升。此外, Wi-Fi 7的前导码穿孔机制也变得更加灵活, 支持240MHz和320MHz带宽。

多链路运行

Wi-Fi 7引入了多链路运行技术(MLO)。传统的Wi-Fi一般只能通过单一频段进行传输, 而Wi-Fi 7引入多链路聚合机制, 能够实现在不同物理层链路上的分组聚合, 在多频段上同时传输数据。传输的模式主要有复制传输和联合传输。复制传输是在两条链路上传输同样的数据流, 先到先得, 增加了链路的可靠性。联合传输是在两条链路上传输不同的数据流再进行组合, 有效提升了传输效率。Wi-Fi 7通过多链路运行技术可实现更高的吞吐量和更低的时延。

Wi-Fi 7的发展现状

全球产业情况

目前Wi-Fi 7的芯片及解决方案已经问世。高通在2022年MWC大会上发布了首款支持Wi-Fi 7的高通FastConnect7800芯片, 可完整支持Wi-Fi 7的所有特性, 覆盖2.4GHz、5GHz、6GHz三大频段, 支持高频多连接并发技术、4096QAM高阶调制技术, 峰值传输速度可达5.8Gbit/s, 比前代提升60%。博通在2022年发布了Wi-Fi 7生态系统产品组合, 芯片组包括BCM67263、BCM6726、BCM43740、BCM43720和BCM4398, 产品涵盖Wi-Fi路由器、住宅网关、企业接入点和用户端设备。联

发科在CES2023上首次展示了Wi-Fi 7解决方案, Mediatek Filogic 880平台主要面向运营商、路由器零售商和企业级市场。Filogic 380平台旨在为智能手机、平板电脑、笔记本电脑、电视和流媒体设备等众多终端带来Wi-Fi 7连接。英特尔也在“2023中国台北国际计算机展”上展出了全新的支持Wi-Fi 7的BE200/Gale Peak 2无线网卡。

在产品方面, 目前上市的Wi-Fi 7产品并不是很多, 能够供消费者选择的主要是路由器产品, 例如TP-Link的Archer BE900和Archer BE800, 华硕的BE96U, Net Gear的BE19000等, 现阶段这些产品主要在海外销售。

目前IEEE 802.11be标准制定已经到了D3.0阶段, Wi-Fi联盟计划于2023年年底开始Wi-Fi 7的认证测试, 预计在Wi-Fi联盟认证推出后Wi-Fi 7将开始大规模商用。

我国相关产业发展情况

目前我国Wi-Fi 7产业处于起步阶段。2023年6月1日, 工信部网站发布了《国家无线电办公室关于采用IEEE802.11be技术标准的无线局域网设备新增型号核准技术要求及测试方法的通知(征求意见稿)》, Wi-Fi 7相关标准有望在不久后落地。当然, 目前有些产品的方案已基本成熟, 例如小米手机在其微博上表示小米13系列和万兆路由器将支持Wi-Fi 7, 预计在型号核准政策确定和联盟认证推出后市面上会出现更多的Wi-Fi 7产品。目前在Wi-Fi领域, 我国主要的产业链为芯片、产品和服务应用, 其中芯片及其解决方案是产业的核心和关键。在Wi-Fi 6时代, 我国的芯片企业(如华为海思、乐鑫科技等)已经能够自研Wi-Fi 6芯片, 随着我国芯片产业的发展, 相信Wi-Fi 7时代将会有更多的国产芯片出现。

此外, 频谱资源也是影响我国Wi-Fi 7产业发展的重要因素之一。2023年6月28日, 工业和信息化部发布的新版《中华人民共和国无线电频率划分规定》明确提出, 率先在全球将6425—7125MHz全部或部分频段划分用于IMT(国际移动通信, 含5G/6G)系统, 这意味着6GHz的下半部分已经划分给了IMT。上半部分(5925MHz—6425MHz)是否划分给Wi-Fi目前还没有明确答案。未来如果这段频谱划归Wi-Fi使用, 必将加速Wi-Fi 7相关产业发展。

Wi-Fi 7的发展趋势和挑战

频谱资源

从Wi-Fi的发展历史来看, 通过扩大频谱资源换取更高的速率一直是Wi-Fi技术的发展方向之一, Wi-Fi 7也遵循了这样的规律, 通过更大的320MHz带宽获取更高的速率性能。6GHz频段为Wi-Fi 7的大带宽提供了保障, 6GHz频段内的连续频谱足以提供3个320MHz信道、7个160MHz信道或14个80MHz信道的带宽, 有效解决Wi-Fi频段不足的问题。目前美国、日本及欧盟等国家和地区将6GHz频谱全部或部分给了Wi-Fi技术。而我国的频谱划分与欧美有所不同, 6GHz频段是否留给Wi-Fi使用还未给出明确政策。当前阶段在我国销售的Wi-Fi产品还不能使用6GHz频段, 目前我国也没有连续的320MHz频段来支持Wi-Fi 7的最高速率, 因此我国未来的频谱策略能否支持Wi-Fi 7的最大带宽仍是个疑问。

终端和应用

目前Wi-Fi 7的发展还处于起步阶段, Wi-Fi 7终端普及度不高。如果未来苹果手机以及安卓手机都支持Wi-Fi 7技术, Wi-Fi 7成为高端手机的标配, 则无

疑会加速Wi-Fi 7的发展和普及。此外, 新型终端及其相应的“杀手级应用”也会加速Wi-Fi 7的普及, 例如苹果VR眼镜上的沉浸式体验、VR一体机和AR眼镜上的“杀手级应用”、相关爆款手机游戏等。但新应用也有一定的不确定性, 例如火爆了两年的元宇宙近期开始降温, 元宇宙的鼻祖Meta营收也出现下滑。因此, 新终端、新应用能否助力Wi-Fi 7发展还有一些不确定因素。

消费者的接受度

目前市场上Wi-Fi 7产品的数量有限, 价格偏高。以TP-LINK的Wi-Fi 7路由器BE800为例, 其在美国亚马逊网站上的销售价格为599美元, 已经接近一部高端手机的售价, 价格明显偏高。后续随着Wi-Fi 7技术的成熟以及联盟认证的开展, 将有更多的Wi-Fi 7产品供消费者选择, 产品价格也将下降。此外换机周期也是需要考虑的因素, 2019年Wi-Fi联盟正式发布Wi-Fi 6认证, 距今也才四年的时间。Counterpoint Research调研数据显示, 2022年手机换机周期长达43个月, 为历史最高水平, 而网络设备的更换周期一般要长于手机, 很多家庭在2020年前后更换了Wi-Fi 6设备, 消费者是否有意愿在第一时间将Wi-Fi网络升级到Wi-Fi 7还有待观察。

结语

作为最新一代无线局域网标准, Wi-Fi 7将Wi-Fi的性能再次提升到了一个新的高度, 适合于新兴应用场景(如虚拟现实、超高清视频、工业互联网等)。虽然目前Wi-Fi 7的发展仍处于起步阶段, 但随着应用的不断创新、产业生态的不断成熟以及消费者需求的不断增长, 未来Wi-Fi 7必将成为无线通信的重要组成部分。

如何平衡

Wi-Fi 7与未来5G/6G的发展?

■ 中国联通智网创新中心 林鹏
中国信息通信研究院 莫晓玲
中国联通智网创新中心 李洁 王宇 张妮竞男 乔凯

随着社会进步,人们对信息技术的需求不断提升。当前互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等新技术深刻演变,产业数字化、智能化、绿色化转型不断加速,智能产业、数字经济蓬勃发展,极大改变全球要素资源配置方式、产业发展模式和人民生活方式。而作为提供信息通信基础网络接入服务能力的Wi-Fi 7、5G乃至未来6G技术,也在拓展新的目标、应用场景,以适应产业发展变革提出的新要求。



Wi-Fi 7即将到来

Wi-Fi技术是基于IEEE 802.11体系下的一系列标准协议而产生的无线接入技术,从早期单纯解决末端无线接入需求,发展到目前能够满足家庭、商超等不同场景的大量终端连接、简易认证、高速率应用需求。最新一代的Wi-Fi 7技术已于2022年制定了D1.5草案,并计划在2024年发布D5.0正式版本。Wi-Fi 7以支持更高速率、更多接入终端、更高资源利用率为目标,在前代技术基础上引入6GHz频段,将最大频宽从160MHz提升至320MHz,最大空间流仍然保持8×8 MIMO(根据最新IEEE 802.11be D3.1草案,Wi-Fi 7仍然为8×8 MIMO),并支持4096QAM调制技术,从而使单路流理论最大速率

提升至2.88Gbit/s,设备整体理论吞吐率达到23.06Gbit/s(8×8 MIMO)。同时,为进一步提升资源利用率及设备吞吐能力,Wi-Fi 7引入了多链路传输技术(MLO),使终端设备可以同时跨多个频段信道传输数据。这可以理解为用户的手机终端能够同时连接路由器的2.4GHz、5GHz甚至6GHz频段,并根据无线环境情况(如干扰、资源占用等)自动切换信道,全面提升用户体验。举个简单的例子,假设一个家庭5GHz信道的干扰相对较小,家里一位用户正在使用手机连接5GHz信道玩游戏,此时家里其他用户突然开始用5GHz信道下载文件,造成5GHz频段资源紧张,那么玩游戏用户的手机会根据网络情况自动切换到2.4GHz或者6GHz频段,以便保证业务时延

及数据有效传输;当其他用户文件下载完成后,玩游戏用户的手机会自动切回干扰较小的5GHz频段,以保证用户体验。

5G全面应用、6G研发启动

3GPP制定了5G无线通信标准,推动行业为用户带来高速率、高可靠、低时延的网络连接。5G主要应用场景包括增强移动宽带(eMBB)、超高可靠低时延通信(uRLLC)和海量机器类通信(mMTC),是智慧城市、智慧医疗、智慧物流和工业互联网等应用的首选移动网络。eMBB保证千兆范围的移动宽带速率和更高的数据带宽;uRLLC确保低于4毫秒的超高可靠低时延通信;mMTC支持物联网应用中的大规模设备连接。

当前, 5G速率不断提高, 一些运营商可提供高达10Gbit/s的传输速率; 时延持续降低, 已降至1毫秒以内; 新频段不断应用, 例如C频段和毫米波频段, 可提供更多的带宽和更好的性能。截至2023年5月底, 我国已累计建成5G基站284.4万个, 移动物联网终端用户超20.5亿户, 全面助力行业数智化转型。

作为无线移动通信技术未来演进方向的6G技术, 对于普通大众来说还比较遥远, 但6G技术的启动键已经按下。2023年6月12—22日, 国际电信联盟无线电通信部门5D工作组 (ITU-R WP5D) 第44次会议在瑞士日内瓦举行, 发布了《IMT面向2030及未来发展的框架和总体目标建议书》(以下简称《建议书》)。《建议书》作为6G纲领性文件, 汇聚了全球6G愿景共识, 描绘了6G目标与趋势, 提出了6G的典型场景及能力指标体系。《建议书》明确6G网络的六大场景为沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延、人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接。《建议书》明确了6G的15个关键能力指标, 是对5G关键能力的增强与维度扩展, 其中9个能力是相对5G能力的增强, 包括峰值速率、用户体验速率、频谱效率、区域流量、连接密度、移动性、时延、可靠性、安全隐私弹性性能等指标; 新增6个能力包括覆盖能力、感知相关能力、AI相关能力、可持续性、互操作性、定位精度。可以说, 6G技术锚定了满足未来人们在泛在智联下的数字社会生活的各项通信需求。

Wi-Fi 7将与5G/6G形成优势互补

从未来的技术发展来看, 尽管Wi-Fi 7和5G/6G都支持更大带宽、更多接入终端、更低时延, 并且都通过越

来越高阶的多输入多输出 (MIMO) 技术和更宽的频谱带宽等提升性能, 而且在频谱资源争夺、通信运营商网络建设投资方面二者也确实存在一定的竞争关系; 但实际上Wi-Fi 7与5G/6G技术锚定的应用场景以及用户通信需求存在显著差异, 同时二者在各自目标场景下的技术和应用优势也比较明显。未来, 这两种技术将长期共存, 而且与过去几代无线技术不同, 不再是一个“非此即彼”的选择。

Wi-Fi 7主要目标是提供室内固定区域的末端无线宽带接入, 本质是为更多终端提供更高、更稳定可靠的接入速率, 而且Wi-Fi技术目前仍主要考虑终端在域内不同接入点间的漫游, 尚不涉及接入终端在不同域间的移动性切换问题。Wi-Fi 7典型的应用场景是商超、机场、车站、剧场、体育场馆、工厂的WLAN网络, 尤其是面向大众用户的家庭宽带网络, Wi-Fi技术可以提供低成本的高速接入解决方案。

而5G/6G技术是解决移动性下的无线宽带接入问题, 尤其是针对未来6G网络, 其主要应用场景包含: 面向高可靠、确定性时延的行业应用, 如智慧工厂、智慧医疗、智慧矿山、智慧港口等; 面向元宇宙、虚拟现实等应用的低时延、超大带宽服务; 面向高铁、飞机、汽车等高速移动场景, 满足相对稳定的较高带宽接入需求; 面向万物智联场景的高密度、超大规模终端接入需求; 面向航空、航天、航海、陆地全域范围内的天地一体化泛在互联需求等。

6G网络的目标是提供1Tbit/s的数据传输速率, Wi-Fi 7的目标是达到46Gbit/s的峰值速率。需要注意的是, 这些目标峰值速率都对应对应的覆盖区域, 一个Wi-Fi热点的服务范围可能只有室内50米、室外300米, 多个热点组网的情况下可以实现商超、机场等

中型区域的覆盖; 而蜂窝网络的服务范围从小型社区的300米到大型社区的数十千米不等, 并且在6G网络整体覆盖范围内, 设备可以实现自由移动且业务服务不间断。此外, 6G的目标是通过非地面和卫星网络提供全球覆盖, 从而实现100千米的覆盖规模。

Wi-Fi 7和6G作为未来最有前途的新型无线技术, 在不同的应用场景下都有其优点和缺点。如果你想要实现远距离的广覆盖、高速率以及自由移动, 6G是更好的选择; 如果你需要在办公楼或家庭等小空间内实现较高的下载速度并保持更低的功耗, Wi-Fi 7可能是更好的选择。对于普通用户的家庭应用场景来说, 从搭建和使用成本的角度考虑, Wi-Fi 7也是更好的选择。当然, 作为接入部分的Wi-Fi 7和6G网络, 未来都可以通过智能城域网与各种边缘云资源、AI算力资源互联互通, 充分利用并发挥算力网络的全局能力。

结语

从目前的技术进展来看, Wi-Fi 7要比6G更早到来, 但产业各方仍然需要做很多工作推进Wi-Fi 7尽快落地普及。首先是在芯片方面, 虽然高通、联发科等厂家在2022年就已推出了Wi-Fi 7的芯片方案, 但支持Wi-Fi 7的终端仍然很少, 而且预计上市时间可能滞后, 因此需要产业各方一起努力, 推进Wi-Fi 7的试点、示范应用。同时, 在频段分配方面, 目前国内6GHz的后半段 (6425—7125MHz) 已经分配给5G/6G系统使用, 而5925—6425MHz的500MHz频段仍然未明确, 希望后续能够划分为非授权频段供Wi-Fi 7使用, 以保障连续的320MHz的频谱资源, 为广大用户提供成本相对较低的无线宽带接入服务。CW

大模型时代下 新型算力供给体系的几点思考

■ 中国电信股份有限公司研究院 雷波

自2022年11月ChatGPT发布以来, AIGC (Artificial Intelligence Generated Content, 生成式人工智能) 成为各行各业密切关注的热点, 医疗、金融、交通、通信等领域的AI (人工智能) 大模型层出不穷, 舆论称之为“千模大战”, 更有观点认为“万模大战”将是AI产业化的必然趋势。

新业务的算力之困

与传统AI侧重图像分类、语言识别、故障诊断等分类预测型任务不同, AIGC更关注如何利用深度神经网络自动生成新的创作内容, 例如创作文章、图像、音乐等。前者往往在小数据集下也能得到较高准确率的输出, 而后者则需要依赖大规模高质量的训练数据, 海量数据的背后, 是算力需求的爆发式增长。以目前业界分析较多的通用语言模型GPT-3为例, 它拥有1750亿个参数, 仅训练阶段就需要10000张V100 GPU持续运行约14.8天, 整体算力消耗为625PFlops。而于今年3月发布的GPT-4不仅参数量增加了10余倍, 其对应的算力需求也大幅增加。

尽管现阶段仍有专家对ChatGPT

类语言大模型的可用性提出质疑, 但要提升AIGC的性能, 最直接且最可行的方案就是增加训练参数的数量, 并投入更多的训练数据和算力资源, 以期待“从量变到质变”的转变, 进而满足千行百业的需求。过去, 规模效应支撑算力水平持续提升, 而伴随大模型参数量越来越大, 智能化程度越来越高, 行业对存储、网络、计算等底层基础硬件能力, 以及扩展性、灵活性的要求也越来越高。算力建设不能局限于CPU、GPU、NPU等计算芯片的简单堆叠, 如何勘破计算芯片协同的难点与要点, 运用多种技术构建资源整合型的超级计算机以提升算力服务水平, 是当前产业重要的研究方向。

算力供给模式创新是破局关键

在新形势下, 依赖单体算力的传统供给模式显然已经难以为继, 以AIGC为代表的新型业务在算力需求和算力应用两个维度存在明显差异, 这些差异点正是破解大模型时代算力困局的关键。

首先, 用户量、访问速度、训练模式等成为算力需求的影响因素, 因此, 在

新业务执行的不同阶段, 对算力的需求各有不同。以ChatGPT为例, 其全生命周期包括数据获取、模型训练、模型推理和迭代微调四个阶段, 对算力的消耗主要集中在模型的训练和推理两个阶段。在模型训练阶段, 大算力用于支持训练数据处理和海量参数优化等数据密集型操作, 对算力基础设施的运行效率、性能稳定性和弹性扩缩容能力有较高要求; 在模型推理阶段, 大算力主要用于执行前向传播计算, 对算力位置、交互实时性和准确性有较高要求。根据测算, 模型训练所需的算力规模是模型推理的10倍左右, 且其对资源的占用周期也远超后者。

其次, 从业务运行周期看, 传统基于CPU的通用计算任务往往对应着相对平滑的负载曲线, 且对算力的需求在时间上呈现连续波动的趋势; 而新兴业务的算力使用可能出现“短时高量”的特点, 这意味着在特定时段, 新兴业务的算力需求会突然增加到高位水平, 后续又会快速收敛到低值。针对算力需求的脉冲效应, “分时复用”是一种行之有效的资源配置策略。具体而言, 借助需求预测和任务调度的方法, 在高峰期给

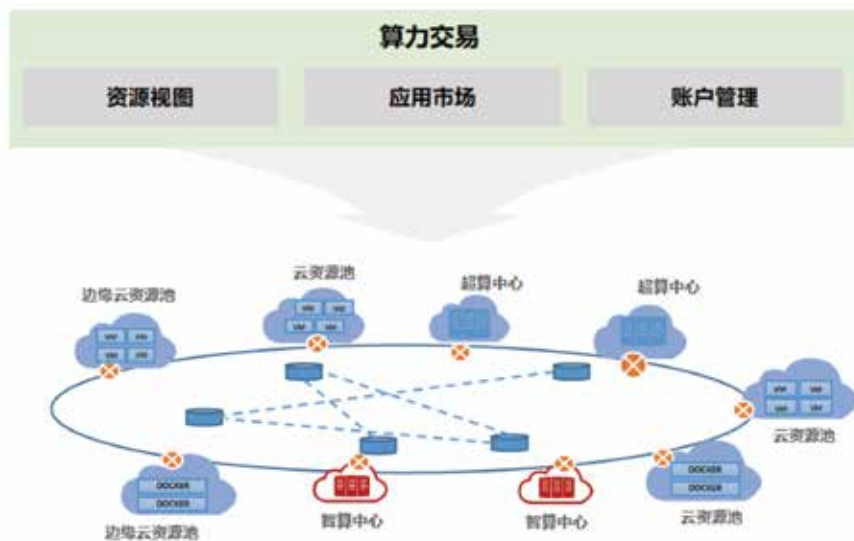


图1 基于多级、多方、多样的算力资源新型供给体系

新兴业务分配更多算力资源，以满足其高算力需求；而在低峰期则将多余的算力资源重新分配给其他业务或用户，以提高整体的算力使用效率。

从上述分析可知，为适配新业务的发展节奏，算力资源供给模式亟需从以前的刚性化、“孤岛”式、资源式，向弹性化、网络化和任务式演进。弹性化是资源提供方根据工作负荷进行算力扩展和收缩，当需求增加时，动态增加算力资源以满足更高的计算要求；当需求减少时，适时释放空闲算力资源以消纳更多用户。网络化是采用网络手段组织和管理算力资源，将分散在不同地理位置和组织机构间的计算、存储资源进行有效调配，形成泛在融合的算力供给网络。任务式是新型算力供给体系的重要特征，算力提供方将自有算力资源以任务的形式发布到算力交易中心，供需双方可根据业务特点进行匹配和一键订购。

同为社会高质量发展的重要驱动力，算力和电力有诸多相似之处，例如电力的调度需要电网作支撑，而算力的调度同样需要将分布式的算力中心汇聚成“一张网”，因此业内可以借鉴电

力行业的发展经验来构建新型算力供给体系。基于多级、多方、多样的算力资源新型供给体系如图1所示。

构建算力供给体系的关键技术

在现有多级、多方、多样算力并存的情况下，将算力供应与算力调配充分解耦，是推动算力资源从高门槛应用到融入千行百业、进入普惠共享新阶段的必经之路，也是构建创新型算力供给体系的重要措施。在推进算力提供方、运营方、使用方等供需各环节解耦的过程中，算力度量、算力路由感知、算网编排、算力交易、确定性网络等技术得到广泛关注。

算力度量技术旨在量化评估异构算力资源以及多样化业务需求，通过建立一致的描述语言，在赋能算力流通属性的同时，为算力的感知、管控、服务提供基础和标准。将不同芯片提供的算力通过度量函数映射到统一量纲，用户多样化的需求映射为实际所需的算网资源，从而实现按需服务，对不同算法的算力需求进行度量，有效调用算法所需的算力。当前业界衡量算力大小通常采用的单位是Flops，即

每秒浮点运算的次数，而在现有云计算方案中，则以虚机、容器等粗粒度的衡量单位为主。

算力路由感知技术是实现算力网络化的核心功能，能够支持对网络、计算、存储等多维度资源、服务的感知与通告，从而实现网络和算力资源的调度优化。目前的主流方案是将云计算领域的算力因子等概念引入网络领域，提出综合算力因子和网络因子的多重考量方案，再基于BGP、IGP等路由协议报文进行扩展，通过新增路径属性来承载算力信息和网络信息。

算网编排技术是根据网络感知动态数据，实现算力解耦调度、网络智能选路、资源自动调度开通以及实时端到端透明可视。算网编排将网络、算力、数据、服务、应用、安全等多要素融合，实现从需求、流程、产品到运维、监控、自服务等多场景的跨云、跨网、跨域、跨用户编排。

算力交易技术是指将算力提供方的各类算力资源，按需提供给算力消费方，包括对算力消费方的资源需求解析，提供可视化交易视图、订单管理等功能。确定性网络技术不同于传统IP网络“尽力而为”的转发方式，可为网络提供“准时、准确”的可靠性数据传输服务，是构建下一代网络基础设施体系、提升数据传输服务质量的关键技术之一。

结语

未来，随着算力需求的逐步增长和计算机硬件的不断发展，大模型的规模 and 性能将持续提升。高性能的计算环境为大模型的训练和应用带来诸多优势，再配以弹性化、网络化、任务式的算力供给体系，可以充分盘活算力资源的每一个浮点能力，加速新业务开拓数字经济新“蓝海”。

构建车联网网络安全监测体系 应对未来风险挑战

■ 中国信息通信研究院 卜哲 赵勋 周成胜 马文静

车联网依托新一代信息通信技术，实现车与人、车与车、车与路、车与服务平台的全方位网络连接，构建汽车生活新型业务生态，为用户提供安全、智能、舒适、节能、高效的综合服务。然而目前车联网网络安全能力普遍不足，且随着车联网渗透率的提升，车联网网络安全事件的影响范围也将逐步扩大。

车联网是多主体通信架构、多种类新技术的跨领域融合应用，这使其在智能网联汽车安全、通信安全、平台安全、应用安全、数据安全等多个关键环节存在安全隐患。网络安全监管机构对这些隐患难以精准识别、有效管控，目前尚未形成专业统一的安全检测规范、评判标准和检测方法，车联网安全治理工作复杂且难度大，存在因智能网联汽车被攻击进而影响正常社会秩序的风险。同时，车联网设备厂商、技术提供商、运营商等无法有效验证智能网联汽车系统的安全性和可靠性，无法精准预防针对车联网系统及终端的网络攻击。因此，如何在万物互联和多领域融合的复杂场景下，对车联网系统及终端进行精准安全治理是当下面临的全新挑战。

网络安全形势严峻，车联网平台及网联汽车成重点攻击目标

近年来，车联网服务平台及智能网联汽车安全事件频发。2023年8月，研究人员发现一个影响日本本田汽车的“重放攻击”漏洞，附近攻击者可通过拦截车钥匙发送到汽车的射频信号，解锁Acura等车型的本田汽车，甚至可以短距离启动发动机。2023年5月，丰田汽车公司声称云服务平台的设置错误或导致近十年约215万用户的车辆数据被泄露。2022年10月，意大利豪华跑车制造商法拉利内部近7GB文件数据在互联网上被泄露。2022年7月，美国网络安全和基础设施安全局（CISA）联合BitSight公司发布公告称，MICODUS公司提供的全球定位系统（GPS）存在多个安全漏洞并可波及全球超百万辆汽车。2022年5月，英国安全公司NCC披露特斯拉Model 3和Model Y的无钥匙进入系统存在安全漏洞，攻击者可通过重定向车主手机或密钥卡与汽车之间的通信，解锁并发动汽车。

车联网服务平台作为车联网云、管、端架构中的重要一环，面临着多种

网络攻击威胁，比如跨脚本攻击、SQL注入、逻辑漏洞、暴力破解、拒绝服务攻击等。智能网联汽车面临的网络攻击主要分为远程攻击和物理攻击两类，远程攻击通常依托网络连接实施攻击（如无线电传输、Wi-Fi、蓝牙、3G/4G/5G网络等），甚至可同时威胁道路上的多辆汽车。物理攻击则指的是攻击者通过物理连接车辆设备及系统而实施的网络攻击，比如直接对电池管理系统展开物理攻击。通常情况下，远程攻击更难发现和阻止，并可能造成更大的危害。据Upstream Security《2023年全球汽车行业网络安全报告》显示，在过去5年中，全球汽车行业因为网络化攻击造成的经济损失超过5000亿美元，而近70%的车联网安全威胁由远程网络攻击引发。由此可见，车联网服务平台及智能网联汽车安全应引起高度重视。

开展车联网网络安全监测工作的重要意义

万物互联时代，应加快推进车联网网络安全监测，这对于车联网网络安全的基础能力提升、检测标准落地、防护

体系建设有着重要的意义。

一是有利于补齐车联网网络安全监管基础环节能力短板。当前,从国家层面看,需要更加有效的车联网网络安全监管手段;从行业层面看,缺少能够开展监管工作的车联网网络安全监测平台;从主机厂层面看,缺乏主动的网络安全强化建设与管理意识,缺少车联网网络安全相关人才储备,更缺少能够为用户提供网络安全快速响应和应急方案的车联网信息安全服务平台。

二是有利于推动车联网网络安全监测相关标准落地应用。推进《车联网安全态势感知平台技术要求》《车联网安全态势感知平台与监管平台接口技术要求》《车联网安全监测数据采集技术要求及测试方法》《车联网流量筛选技术要求及测试方法》等行业标准制定发布,突破车联网恶意加密流量分析、车联网私有协议识别、车联网资产识别等技术难点,加快车联网网络安全监测系列标准应用实施,助推车联网网络安全监测体系建设。

三是有利于推进车联网安全监测与应急防护体系建设。车联网发展涉及国计民生、公共安全,甚至是国家安全。针对网联汽车、车联网服务平台、APP等关键对象,通过车联网流量采集设备分析输出相关通联日志、网络安全告警记录,以及抓取特定原始流量等,支撑车联网网络安全风险监测发现、态势感知、威胁处置工作,以应对随时可能发生的网络攻击,构建车联网网络安全保障体系,促进车联网产业健康快速发展。

关于建设车联网网络安全监测体系核心系统的思考

国家、区域城市和重点企业应共

同打造多级联动的车联网网络安全监测体系,建立一套面向车联网终端及系统的安全监测与应急防控监管系统,针对车联网、智慧城市等场景下智能网联汽车终端及系统,开展资产测绘、安全风险监测、应急联动处置、网络攻防演练、安全检测评估工作。建设车联网网络安全监测体系需重点推动设备资产测绘、安全风险监测、应急联动处置、网络攻防演练、安全检测评估5个核心平台建设。

一是建设设备资产测绘平台。以大数据技术为基础,依托主动探测公网暴露存活资产技术、被动监测资产流量特征技术等,收集各类车联网终端设备及系统的特征信息、安全状态信息。通过多种手段相互配合、相互补充,最终可实现对车联网终端设备及系统等资产的探测识别,据此绘制城市级网络空间下该类资产全景透视图。

二是建设安全风险监测平台。采用规则检测、机器学习等技术手段,对设备资产测绘平台相关数据进行深度挖掘,准确把握属地内车联网终端设备及系统面临的安全威胁和风险隐患,从多个维度对网络安全态势进行综合分析、研判、预测与动态跟踪,实现网络安全由初步感知向全面感知的转变,为应急联动处置平台提供关键数据支撑。

三是建设应急联动处置平台。针对安全风险监测平台分析出的智能网联设备风险隐患、安全事件等进行研判定级,根据定级结果启动应急预案流程,及时提醒党政机关、事业单位、重点企业和组织机构开展应急处置工作,纵向完成各类应急指挥指令的上传、下达工作,横向完成跨地区、跨部门、跨行业间的统一协作,确保应急所需的人力、物力、通信保障等资源得到有效支撑。当出现网络安全攻击事件时,通过应急联

动处置平台统筹协调相关单位开展攻击溯源、取证分析、网络服务关停等处置工作,形成快速反应能力,有效应对突发网络安全事件。

四是建设网络攻防演练平台。建设攻防演习保障和联防联控安全能力,为机构及企业的安全检查、攻防演练实训、实战攻防对抗等提供技术支撑。通过应用场景模拟,可全面梳理企业现网中车联网终端设备及系统的资产信息、资产薄弱环节、敏感信息泄露风险点、可被利用的攻击链路等,支撑企业开展风险评估、完善自身安全能力。同时,聚焦攻防演习中高频威胁场景,充分挖掘企业现网主机、应用和智能网联设备等的重大网络安全风险。

五是建设安全检测评估平台。该系统主要打造内外通信协议分析、智能网联设备固件分析、漏洞扫描、源代码审计、联网应用APP安全检测等工具,以便开展对智能网联设备的标准化、工具化、流程化网络安全相关测试,可为检测评估实验室提供技术能力支撑。

依托上述五个核心平台的技术联动、协同作战,可构建车联网网络安全监测与应急响应防控体系,增强国家车联网安全监测与应急防控能力,夯实省市区域车联网安全监测与应急防控基础,形成国家级车联网网络安全监测体系。

在数字化转型提速发展的时代背景下,车联网产业需加速融合发展。构建车联网网络安全监测体系,提升车联网网络安全防护水平,对于我国实现制造强国、交通强国和网络强国具有重要意义。而车联网网络安全监测体系的建设,需要行业主管部门、行业组织机构、相关企业等各方的协同努力,共同创建融合创新的车联网安全产业生态体系,护航车联网产业健康发展。CWV

数字化转型中 数据建模的问题分析与应对策略

■ 中国信息通信研究院信息管理中心 李鲲鹏
北京邮电大学 范春梅
中国通信标准化协会技术部 韩冬（通讯作者）

数字化转型是企业利用先进技术优化现有业务模型，或创建新的业务模型，以用户为中心，以数据为驱动，打破传统的组织效能边界和行业边界，提升企业竞争力，为企业创造新价值的过程。数据作为新型生产要素，在数字化转型中的作用不可忽视。

说到数字化，就要提到信息化。信息化是通过各种信息系统实现业务流程从线下到线上的迁移，从而提升生产效率和业务效率、降低成本、提高可靠性。数字化是基于信息化系统的运行数据，通过人工智能等技术，对企业的运营作出决策支撑。从数据的角度来看，数据是信息化过程的“副产品”，却是数字化过程中支撑决策不可或缺的“原材料”，是数字化转型的基础。因此，数据质量的高低，在一定程度上决定着数字化转型的成败。

数据建模是对现实世界各类数据的抽象组织，确定数据库需管辖的范围、数据的组织形式等，直至转化成现实的数据库。数据模型是源端系统的数据结构，也是提升数据质量的关键。数据建模的目标是创建一个准

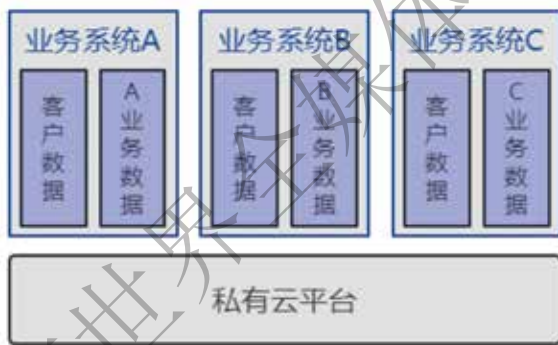


图1 企业信息化建设中的“一应用一系统”架构

确、一致和可理解的数据模型，以便支持数据管理、数据分析、系统设计和业务决策等活动。通过数据建模，可以帮助组织更好地理解 and 利用数据，提高数据质量和数据价值，支持数字化转型和业务创新。

企业数据建模的现状

信息系统建设处在“一应用一系统”状态

在信息化建设阶段，信息系统往往

由业务部门各自牵头建设，导致一项应用建设一个系统，系统之间彼此互不相关。

如图1所示，某企业有3个独立的业务系统A、B、C，都是为满足不同的业务需求而独立开发的，拥有独立的业务数据和客户数

据。从企业视角出发，各个系统中的客户数据属于公共数据，应可供各个业务系统共享，但由于各个系统独立设计，很容易出现冗余、不一致，甚至冲突的情况。

如图2所示，3个业务系统的客户表分别为A客户表、B客户表和C客户表，由于业务需要和独立设计的原因，A客户表的主键是自定义的ID，B客户表的主键是统一信用代码，C客户表的主键是银行账户。每个数据表中的地址信

A客户表		
#	自定义企业ID	VChar(36)
o	企业名称	Text
o	注册地址	Text
o	联系人	Text
o	电话	Long(11)

B客户表		
#	统一信用代码	VChar(18)
o	公司名称	Text
o	省份	VChar(15)
o	城市	VChar(31)
o	街道	Text
o	法人	VChar(15)

C客户表		
#	银行账户	Text
o	开户行	Text
o	公司名称	Text
o	通信地址	Text
o	邮编	VChar(6)

图2 3个业务系统客户表截图

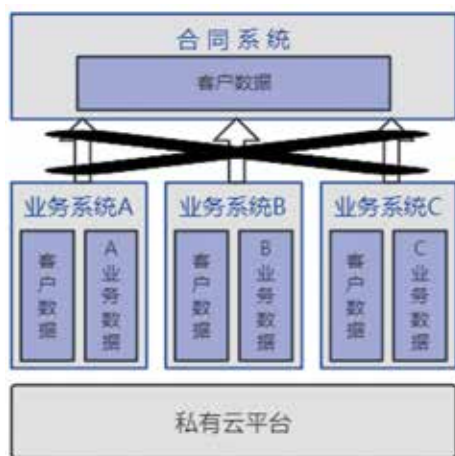


图3 企业合同管理系统与业务系统关系

息也不相同，A客户表保存的是注册地址，B客户表保存的是省、市、街道拆分的地址格式，而C客户表保存的是通信地址。从整体看，虽然每个系统本身运行稳定，但是系统间的集成和数据共享非常难。

这种情况不仅造成资源浪费和运维成本大幅提升，还很容易形成数据“孤岛”。每个应用系统通常有自己的数据存储和管理机制，导致数据在不同系统之间存在孤立、难以共享和集成的问题，难以保证数据的一致性和准确性，也限制了企业对数据的综合分析和利用。在这种情况下，如果需要通过实现不同系统之间的数据共享和业务流程集成，势必面临较高的技术复杂性和难度，需要耗费大量的时间、资源。

缺乏规范数据建模的数据标准

数据标准是保障各业务系统对数据统一理解、统一使用、统一交换的一致性、准确性、完整性的规范性约束，其中包括对业务、技术和管理等数据属性的统一定义。数据标准主要解决数据在共享、融合、汇集应用中因格式不一致造成的数据处理困难。缺乏数据标准的数据建模将导致数据不一致、数据重复和冗余、数据集成困难、数据可理解

性与可维护性差等问题。

在图2所示的场景中，由于缺乏基于数据标准的统一管理，3个业务系统客户数据的属性、约束关系和命名规则等都存在不同程度的差异。随着业务的发展，企业决定研发合同管理系统，对所有的客户数据进行统一管理（如图3所示），需要集成那些在各自系统中维护良好的客户数据，却发现要进行繁重的数据清洗工作，其中有些数据甚至无法使用。

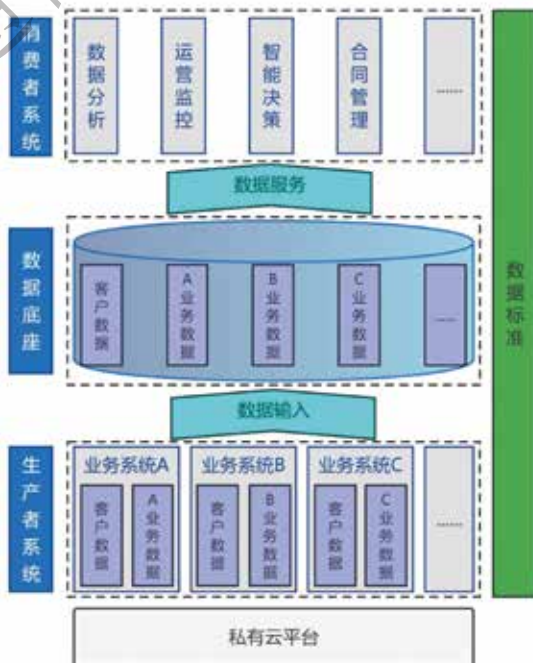


图5 引入数据底座后的企业各系统架构

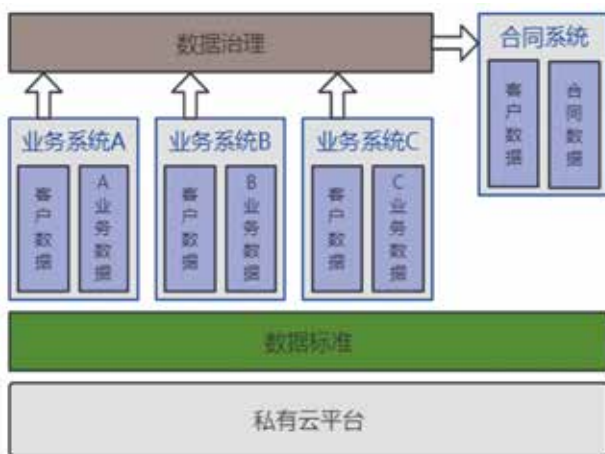


图4 执行统一数据标准后的数据建模

数据建模过度依赖平台能力

在数字化转型的过程中，很多企业已经逐渐意识到“一应用一系统”模式的弊端，开始逐步采用统一的平台（例如致远互联的COP

平台以及用友的BIP平台），利用低代码或者无代码的开发模式打通应用系统，降低集成成本。这些平台都通过表单、主表、明细表等概念来提供数据建模，因此只能进行逻辑建模，而不能进行物理建模，实体间的约束关系只能通过应用来限制。当一项应用需要使用另一项应用中的实体表时，经常会因为不了解其约束关系而导致数据混乱，直接影响统计分析的准确性。

忽视概念模型建模

数据建模分为3个阶段：概念模型建模、逻辑模型建模和物理模型建模。在实际生产中，由于业务人员对信息化技术了解不多、领域专家介入不深，概念模型建模往往被忽略，导致数据建模从概要设计阶段的逻辑模型建模开始。这必然产生业务人员和技术人员之间对业务实体、属性和关系的描述不一致，以及技术人员对业务的了解不全面甚至是理解错误的现象，最终导致数据缺失、冗余或不一致等问题。

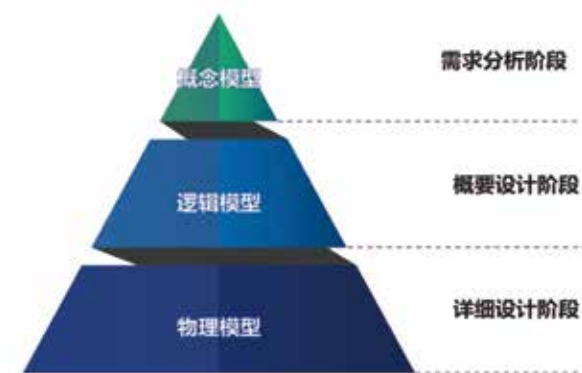


图6 数据建模金字塔

应对措施

数据建模过程中有很多技术细节需要注意，而以下三点尤为重要。

先有数据标准再进行数据建模

在进行数据建模之前，首先需要制定数据标准，用来指导和约束数据建模。数据标准包括数据命名规范、数据类型、数据格式、数据约束等方面的规定。即便是分批建设的彼此独立的业务系统，也可以使用统一的数据标准以确保不同业务系统间数据的一致性和可集成性。

同时，数据建模也可以促进数据标准的优化和改进。随着数字化进程的深入，产业各方可能发现有更多的数据项需要被纳入数据标准范畴，进而推动数据标准体系的完善。

在图3的场景中，如果企业建立了数据标准，即便3个独立的业务系统存在数据冗余，但由于数据具有统一的属性、约束条件，仅需要简单的数据治理就可以抽取3个业务系统的数据为新的业务系统提供服务，如图4所示。

基于数据底座进行数据建模

虽然数据标准可以解决数据一致性问题，但是不能消除系统间的数据冗余。因此，在图4所示的业务场景中，合同管理系统在使用系统A、B、C产生的客户数据前，仍然需要进行数据整理，

以去掉冗余数据。

如果在整个架构中存在多个与合同管理系统类似的数据消费者系统，那么类似的数据治理操作就要重复多次。另外，当有新的数据生产者系统加入时，所有的数据消费者系统都要修改对应的集成接口，这就增加了集成的工作量。为此，很多企业引入了数据底座，用于集中管理企业数据资产，打通数据通道，在数据标准的统一约束下确保企业内部数据的一致性和完整性。

数据底座在数字化转型中起着至关重要的作用。通过在数据底座基础上进行数据建模，可以获得企业统一的数据视图，整合不同数据源的数据，为业务分析和决策提供一致的数据基础。图1业务场景在引入数据底座后的架构如图5所示。

数据生产者系统A、B、C的数据按照集成规则存储到数据底座，通过对数据底座中的整体数据进行数据建模，可以明确数据间的关系、属性和约束，帮助企业更好地理解和管理数据。消费者系统根据需要通过数据底座提供的服务使用数据，消费者系统不用关心数据的来源和数据源发生的变化。当有新的数据生产者系统加入时，只要做好与数据底座的对接，就不会影响数据消费者系统。

可以看出，上述整个数据流程都依赖于数据标准。

循序渐进地进行数据建模

数据建模金字塔如图6所示，三个阶段是从简单到复杂、从抽象到具体、从需求描述到最终实现的循序渐进的过程，缺一不可。

概念设计是数据建模的第一步，是需求分析中后期要由业务人员和领域专家完成的任务。通过描述业务中实体、属性和它们之间的关系，确定业务规则和数据实体之间的关联，以加深对需求的理解，也为后续阶段的工作奠定基础。

逻辑模型是数据库设计人员对概念模型的进一步细化，定义数据实体、属性、关系和约束，确保数据的一致性、准确性和安全性。概念模型和逻辑模型主要是针对业务需求进行抽象和设计，不依赖于具体的平台和数据库选型。

物理模型是由数据库管理员和开发人员将逻辑模型转化为数据库实现的具体方案，定义数据库表、字段和索引等细节信息，同时还要考虑数据库的性能优化、存储规划、备份与恢复方案、安全策略，为开发人员提供数据库编码和实现的依据。

高质量的数据建模是企业数字化转型成功的关键一步，它可以统一并整合企业数据，为企业决策提供高质量的数据支撑。在此基础上，结合人工智能技术，帮助企业实现从业务决策到数据决策的数据驱动的数字化转型。🔗

作者简介

李鲲鹏，中国信息通信研究院信息管理中心高级工程师，主要从事信息化建设项目管理、系统架构设计和数据分析。

范春梅，北京邮电大学教师，主要从事计算机类课程的教学工作。

韩冬，中国通信标准化协会工程师，主要从事无线通信标准研究、网站设计，通讯作者。

信创体系下跨x86和ARM双栈架构的 流水线探索与实践

■ 中国移动通信集团广东有限公司 黄倚霄 曾海剑 黄东江 李攀 周实奇

随着国际地缘政治的变化和信息产业的大发展,信息技术领域的风险日益增长。为了加强关键技术、关键领域的竞争实力,我国必须尽快实现信息通信技术的自主可控。而信创的本质就是自主可控。

信创产业体系极为庞大。从产业链角度来看,它主要由基础硬件、基础软件、应用软件、信息安全四部分构成。自2020年以来,我国信创产业不断崛起,蓬勃发展。电信行业作为关乎国家安全和国计民生的重要行业更是冲锋在前,肩负着保障国家基础管道和通信覆盖、推动软硬件技术升级和应用“提速降费”的使命。因此,加速推动电信设备国产化既是重中之重,又迫在眉睫。电信运营商的信息系统复杂且庞大,对信息系统的实时性、稳定性、并发性、安全性有很高的要求,推进国产化难度极大。

中国移动广东公司信创国产化的现状与问题

在工业和信息化部印发的《“十四五”软件和信息技术服务业发展规划》中,要求信创产业坚持“应用牵引、整机带动、生态培育”。中国移动广东公司积极响应国家规划,落实中国

移动集团公司战略,有序推进信息系统国产化,壮大信创产业生态。

目前,中国移动广东公司具有数百套信息系统,从开发环境到测试环境、生产环境,从操作系统、中间件、数据库,再到CPU芯片、存储等均需要实现信创国产化的迁移改造,且需面对以下三大难题。

一是在适配国产化芯片、操作系统、数据库、中间件的过程中,应用需要开展多轮改造,但因存在各种技术壁垒及高昂的项目成本,容易造成项目进度延误,令项目负责人望而却步。

二是信息系统由众多开发商参与,开发商侧的开发、编译、集成、调测环境都必须同步转向信创环境。但环境从哪里来?由此带来的软硬件环境替换成本高的问题,同样让各开发商望而生畏。

三是由于系统众多,国产化迁移又是一个长期而艰苦的过程,如果要求全部系统设定时间线同步切换,难度大、风险高,“一刀切”方案很难落地推行。国产化进程应是分批次、循序渐进的,信创平面和非信创平面必然存在较长的并行期。在此期间,同一份代码需同时部署在信创平面和非信创平面上,如何才能保证功能的一致性并降

低跨平台部署的工作量,是值得研究的问题。

中国移动广东公司信创国产化的探索与实践

针对信息系统国产化面临的种种困难,如何实现低成本、低风险、高质量的快速推进,中国移动广东公司对此做了相关探索与实践,包括:全面转向JAVA或脚本开发语言;打造跨x86/ARM双栈架构,兼容信创和非信创的DevOps流水线;为合作开发商提供“零信任”网关(SDP)。

全面转向JAVA或脚本开发语言。逐步淘汰C/C++、.NET等编译型开发语言及相应的开发平台,全面转向JAVA或脚本语言,以获得跨平台通用性。由于JAVA和脚本语言的跨平台和跨架构特性,只需要做很少的适配改造,即可平滑地从x86迁移到ARM服务器。与此相反,C/C++等编译型语言则需做大量适配改造工作,成本和风险都很高。

打造跨x86/ARM双栈架构,兼容信创和非信创的DevOps流水线。DevOps流水线是实现持续集成CI、持续部署CD的一套流程工具,包括代码托管、项目管理、测试管理、编译集成、

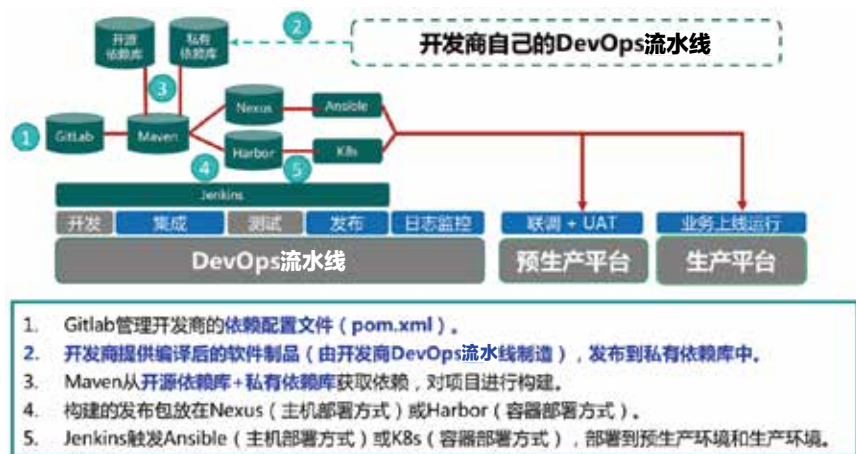


图1 开发者流水线与中国移动广东公司流水线对接

版本上载等环节,涵盖软件开发从需求到交付的全流程。

中国移动广东公司从2017年开始开展DevOps转型,依托开源技术栈自研了DevOps流水线,用Jira管需求,用Gitlab管源码,用Jenkins驱动编译、集成和部署,并通过对接合作开发商侧的研发流水线,形成一个端到端的全覆盖流程(如图1所示),具体对接步骤如下。

第一步, Gitlab管理开发者的依赖配置文件(pom.xml);

第二步, 开发者提供编译后的软件制品(由开发者DevOps流水线制造),发布到私有依赖库中;

第三步, Maven从“开源依赖库+私有依赖库”获取依赖,对项目进行构建;

第四步, 构建的发布包放在Nexus(主机部署方式)或Harbor(容器部署方式);

第五步, Jenkins触发Ansible(主机部署方式)或K8s(容器部署方式),部署到预发布环境环境和生产环境。

从2021年开始信创国产化的冲锋号吹响后,相应的DevOps流水线也持续迭代,新增了对双栈的支持,提供兼容x86/ARM的编译、运行、部署和

测试能力,关键技术包括基于qemu的模拟编译和Docker容器化技术。双栈架构下的DevOps流水线全景流程如图2所示。

其中, qemu虚拟化技术是一种开源的计算机仿真器和虚拟机,它能够模拟多种硬件架构和设备,支持模拟运行多种不同的操作系统。通过qemu技术,实现在x86主机上模拟ARM架构的CPU,屏蔽指令集差异,解决CPU国产化适配问题。Docker容器技术则主要屏蔽操作系统差异,解决操作系统国产化适配问题。

基于qemu虚拟化和Docker容器化技术,中国移动广东公司开发跨x86和ARM双栈架构技术,解决同一份代码跨CPU架构、跨操作系统,应用双栈编译与双栈运行问题,同时也具备了跨架构业务容灾、跨架构灰度

发布的能力。

中国移动广东公司为合作开发商提供“零信任”网关的远程接入方式,以实现公网环境下的离岸开发。合作开发商不再需要单独购买研发工具、建设研发环境,只需直接使用甲方提供的研发环境,即可完成代码提交、云端调试、流水线执行等操作。

与传统的VPN访问模式相比,SDP只授予最小特权、只允许访问最小粒度的特定资源和服务,先鉴权后连接机制可以反嗅探,安全性更高,使用更方便。双栈架构的SDP,更是兼容x86客户端和ARM客户端,屏蔽研发、测试、部署环境的信创、非信创差异,大大降低了开发商的信创适配成本。

结论与建议

综上所述,推进企业信息系统国产化,加速行业信创落地进程,对于信创生态环境的建设具有重大意义和价值。针对信息系统国产化过程中遇到的各种困难,中国移动广东公司基于自研的DevOps流水线,开展了双栈编译、双栈容灾、双栈灰度发布、“零信任”网关等功能的探索与实践,建立了一种跨架构的DevOps软件研发体系,实现全兼容的敏捷开发交付能力,有序推进信息系统国产化,并为其他企业推进信息系统国产化提供参考。CW

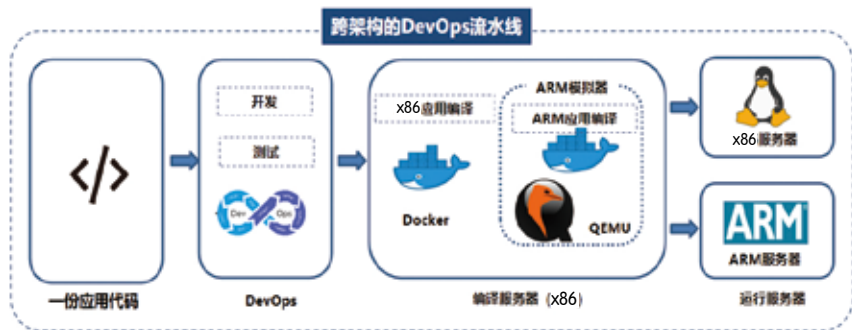


图2 双栈架构下的DevOps流水线全景

互联网流量分布计算模型研究与实践

■ 中国电信集团公司政企信息服务事业群 马蕴颖
加州大学戴维斯分校 王晟寰
(University of California, Davis, Shenghuan Wang)

工信部发布的2023年上半年通信业经济运行情况显示,全国移动互联网流量增速持续提升。移动互联网累计接入流量及增速情况如图1所示,2023年上半年,移动互联网累计流量达1423亿GB,同比增长14.6%,增速较一季度回升0.9个百分点。移动互联网接入月流量及户均流量(DOU)情况如图2所示,截至6月末,移动互联网用户达14.9亿户,比上年末净增3825万户。6月当月移动互联网接入流量达到16.78GB/户·月,同比增长12.8%,较上年12月提高0.6GB/户·月。

从收入数据来看,固定互联网宽带业务收入稳步增长。

2023年上半年,三大基础电信企业完成互联网宽带业务收入1301亿元,同比增长6.3%,在电信业务收入中占比为15%,较一季度提升0.2个百分点,拉动电信业务收入增长0.9个百分点。移动数据流量业务收入低速增长,上半年,三大基础电信企业完成移动数据流量业务收入3356亿元,同比增长0.2%,在电信业务收入中占比为38.6%,拉动电信业务收入增长0.1个百分点。

从收入数据可以推测流量情况,虽然没有固定互联网流量的数据,但是从收入增长看流量增长不会低于6.3%。考虑到固网“提速降费”因素,推算固定互联网流量增长同比应在10%以上。也就是说,互联网总流量增长同比应在10%以上。

面对如此快速的增长,无论是固定互联网还是移动互联网,在了解整体趋势的同时,如何将内部的流量分

布看得更清楚,以便掌握区域差异、用户行为,从而为扩容、管理提供决策依据就成为急需解决的问题。

本文从运营商视角,研究并探索了一条看清互联网流量分布的路径,旨在研究“区域—区域”间、“用户—区域”间、“用户—业务”间等多维度的互联网流量分布,从而为网络的组织及流量的合理疏导提供依据。

互联网流量分布采集模型

为了了解互联网流量的分布,首先需要获取流量数据。根据目前互联网的网络组织方式,一个大型的网络(如运营



图1 2022年1月—2023年6月我国移动互联网累计接入流量及增速

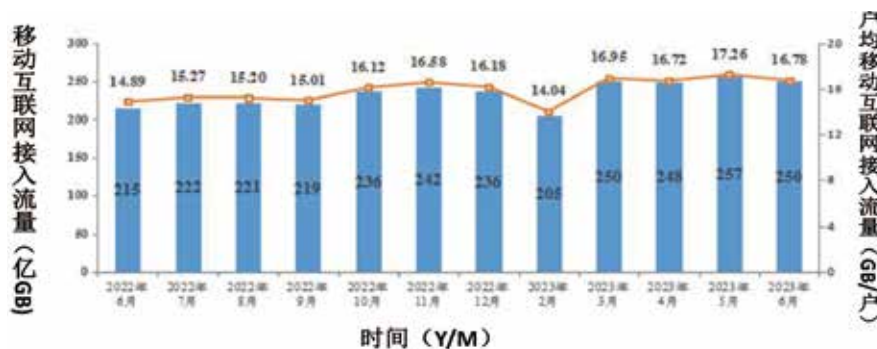


图2 2022年6月—2023年6月我国移动互联网接入月流量及户均流量(DOU)

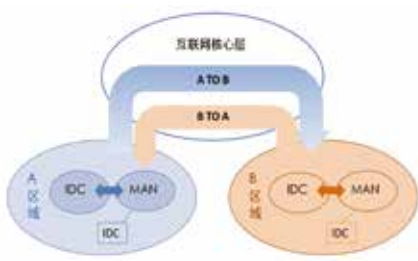


图3 互联网流量流动基本形态



图4 互联网流量骨干核心采集模型

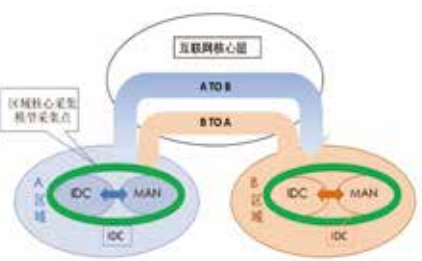


图5 互联网流量区域核心采集模型



图6 互联网流量边缘采集模型

商网络)内部会采用分层方式构建,即由一个核心层将各个区域互联起来,区域内部数据交换不经过核心层,与外部

交换才经过核心层。一个区域(如省)内可以是分层结构,也可以是不分层结构,目前采用较多的是扁平化不分层结构。

在实际生产过程中,互联网流量流动基本形态如图3所示。其中,每个单元(如IDC、MAN、互联网核心层等)都有独立的AS(自治域)号,但是还有不少在城域网下的IDC没有独立AS。

互联网流量的采集模型有骨干核心采集模型、区域核心采集模型、边缘采集模型3种。

骨干核心采集模型

骨干核心采集模型如图4所示,为了掌握区域间的流量分布,即A—B区域交互的流量情况,在图4绿色位置部署采集即可满足。也就是说,如果需要掌握“省—省”之间的流量分布,在核心层周边部署采集即可。

此模型无法采集到区域内部的流量,因此无法准确掌握区域内IDC—MAN不经过核心层的流量情况。

从实际采集量来看,互联网核心层设备数量大约在100台,与区域互联的电路大约在1万条。采集过程通常可由互联网核心层网管系统来综合实现。

区域核心采集模型

区域核心采集模型如图5所示,为了掌握区域内和区域间的流量分布,即除了A—B区域交互的流量情况,还要掌握区域内IDC—MAN不经过核心层的流量情况,则需要在图5绿色位置部署采集。

此模型可以采集到扁平化比较彻底的区域内部的全部流量,如果是分层结构,不经过区域核心的下层交互流量无法采集。

从实际采集量看,区域采集设备大约在1000台(各个区域相加),采集电路大约有1万条或是十万条。区域内部采集数量可参照骨干核心采集模型,即区域内部采集设备大约有几十或数百台,区域内互联的电路大约有上千或数万条。

单区域通常可参照互联网核心层,由网管系统综合实现;多区域因各个区域的网管系统不统一,所以需要重新部署采集、存储、计算系统,无法在原有网管系统上叠加,只能由单独的网管系统来实现。

边缘采集模型

边缘采集模型如图6所示,此模型即在离用户端设备最近的一层进行采集,一般是汇聚交换机。此模型能采集到所有流量。

单区域内部采集量可参照区域核心采集模型,采集设备大约有1000台,采集电路大约在1万或十万条。所有区域采集量,需要在上述基础上增加一个数量级。不过在实际应用中很难有全区域的边缘采集,因为采集量非常大,没有实际的应用场景。通常仅针对部分特定的业务类型,需要在接入层进行全量采集,如直连用户的IDC业务交换机端口,采集接入端口的流量进行计费。

单区域具备由网管系统综合实现的可能,多区域需要由单独的网管系统来实现。

三种模型比较分析

对三种模型从采集量、准确性、复杂度、适用范围进行比较分析如表1所示。

综合以上比较分析可以看出,对于单一区域,在准确性要求高的情况下,可采用边缘采集模型;对于多区域场景,兼顾准确性和复杂度,区域核心采集模型较为合理可行。

区域核心采集模型实践要点

流量采集及判断要素

为了实现区域间、用户间、业务间多维度互联网流量分布计算分析,首先需要梳理出涉及分析的关键要素与相应信

表1 骨干核心、区域核心、边缘3种采集模型对比

类别	采集量	准确性	网管复杂度	适用范围
骨干核心采集模型	设备数百台 电路数万条	经由骨干核心数据准确, 不经骨干数据缺失	网管系统综合实现	区域间流量分布计算
区域核心采集模型	单区域: 设备数百台、电路数万条 多区域: 设备数千台、电路数十万条	经由区域核心及骨干数据准确	单区域网管系统可综合实现, 多区域需要单独的网管系统实现	区域间、IDC间、MAN间流量分布计算
边缘采集模型	单区域: 设备数千台、电路数十万条 多区域: 设备数万台、电路数百万条	准确	单区域网管系统可综合实现, 多区域需要单独的网管系统实现	特定业务类型流量计算

息的对应关系。

1.流量采集要素

在数据包层面, 根据TCP/IP协议, IP包头中的“五元组”信息(即源地址、目的地址、源端口、目的端口以及协议类型)是关键信息。此数据可通过采样网络Netflow数据获取。同时, AS之间一般使用BGP协议互通, 路由表中的AS号信息也是关键信息, 此数据可通过读取BGP路由表获取。

在物理端口层面, 设备互联端口(包括上联、下联)及流量信息是关键信息。这些信息可以辅助对区域的划分、Netflow数据的完整性及准确性进行校验, 通常可采集端口的SNMP数据获取。

2.流量判断要素

互联网流量的分布判定和识别大致分为三类: 针对区域流量分布, 主要通过AS、SNMP数据来判定; 针对用户流量分布, 主要通过AS(有独立AS号用户)及IP(无独立AS号用户)来判定; 针对业务流量分布, 主要通过AS(可通过AS区分的业务, 如IDC业务、移动业务)及IP(如MAN内的IDC业务)来判定。

流量采集和判断方法

为确保流量既完整又不重复, 需采集区域核心设备的所有端口的SNMP数据, 以及单方向Netflow数据。其中, SNMP数据中需要准确标记端口类型(up/down/peer), 读取up端口的flow index, 记录在Netflow中相同index的flow数据。

根据Netflow中的源IP、目的IP, 比对BGP路由表中的AS信息; 由AS号对应出不同区域, 从而区分出区域流量分布; 由AS号

及用户的IP地址, 区分出用户流量的分布; 由AS号及业务的IP地址, 区分出业务流量的分布。

以业务区域统一和业务区域不统一两种情况为例, 通过进行区域流量分布分析和业务流量分布分析来说明采集和分析方法, 如图7、图8所示。

在区域流量分布分析时, 方法为: (1) 在绿色采集层获取IDC1、MAN1的所有端口SNMP、入方向Netflow数据; (2) 根据SNMP端口表, 得到所有UP端口的index; (3)

在Netflow数据中获取匹配到index的所有数据; (4) 根据Netflow数据中的源地址、目的地址查BGP路由表, 打上区域标签。

这样, 在区域流量分析时, IDC1(AS 1111)、IDC2(AS 2222)及MAN(AS 2222)的流量将被标记为区域A。两张图的区域分布相同。

在业务流量分布分析时, 由于图8中IDC2为IDC业务, 需要被标记为IDC而不是MAN, 因此需要增加一步: 源地址为2.2.2.2的IDC2流量, 打上业务标签IDC。

这样, 在做业务流量分析时, 图7中IDC1(AS 1111)、IDC2(AS 1111)的流量被标记为IDC业务, 而图8中IDC1(AS 1111)、IDC2(AS 2222)的流量被标记为IDC业务。在实际生产过程中, 这种情况非常普遍。

流量校准机制

为确保数据准确完整, 可将SNMP数据与Netflow数据作为两个数据源, 进行比对, 互相校准。如以天为颗粒度, 取各区域核心设备上行出口Netflow分析数据与设备上行出口电路SNMP数据进行比对, 出现偏差立即核准。

数据库选择考量

为实现互联网流量分布计算, 可采用图9的数据库架

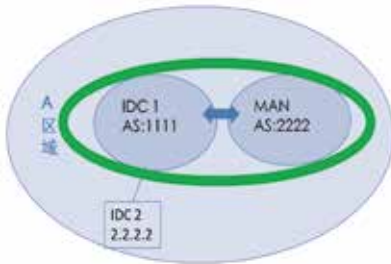


图7 业务区域统一情况下的流量采集和分析



图8 业务区域不统一情况下的流量采集和分析

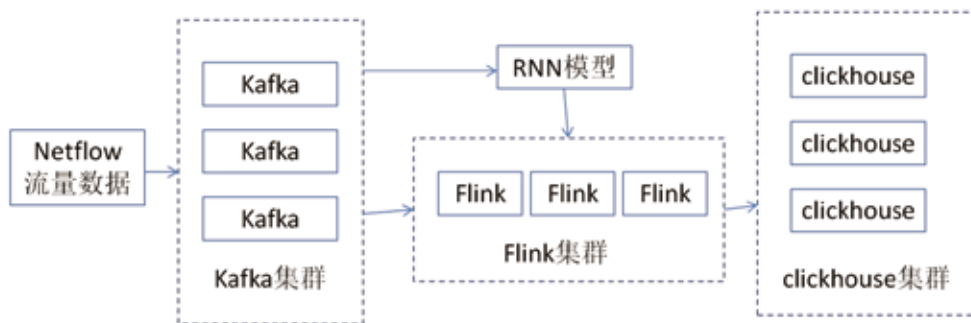


图9 可实现互联网流量分布计算的数据库架构

构。来自网络的Netflow流量数据，先传输到消息中间件Kafka中。这是因为Netflow流量数据非常大，大数据分析过程中瞬间产生大量数据，使用Kafka作为缓冲，可将不能及时处理的数据存入Kafka中队列等待。

对Kafka流量进行RNN模型训练，即流量预测、监控、端口误差分析，同时使用Flink对Kafka流量进行分析计算。Flink具有低延迟、容错强的特点，同时Flink有一个时间水位机制，可以限定晚到达的数据同样能够统计到同一时间点中。

然后将结果输出到Clickhouse分布式数据库中存入中间表，保证大量的数据存储查询性能不受影响，同时满足各种分析、多种内置函数使用，在大量数据查询时稳定高效。最终输出分析结果。

互联网流量分布计算模型应用及效果

骨干核心采集模型精细化程度不足，只能进行区域间的流量分布计算，不能细化到业务。因此，目前采用区域核心采集模型，在区域核心层部署采集，基本达到了预期的效果。

实际采集量

1.设备量

在实际应用中，区域边缘设备采集近1000台，上下联电路数量大约20万条。利用这些设备和电路做全量采集。

2.数据量

根据上述分析，对SNMP和Netflow数据进行采集。其中SNMP数据量每天大约50MB，Netflow数据每天120TB，其采样比为3000:1。

应用及效果

1.区域分析

通过区域数据，可以得到区域—区域间总流量视图、某区域—其他区域流量视图，如图10所示，从而全面掌握区域间的流量分布。

2.用户分析

根据用户信息，可以得到某用户—区域的流量分布，从而掌握用户在各区域间的流量分布和调度情况。

3.业务分析

根据业务信息，可以得到某业务—区域的流量分布，掌握业务流量在各区域间的分布。尤其是针对同质业务，此类分析将有助于分析业务分布的合理性。

4.趋势分析

根据历史积累的数据得出多维度的流量变化规律，从而辅助预测和判断整体、区域间、单区域、用户、业务流量的变化，如图11所示，为调节区域间、用户间、业务间流量分布提供较为可靠的量化数据依据。

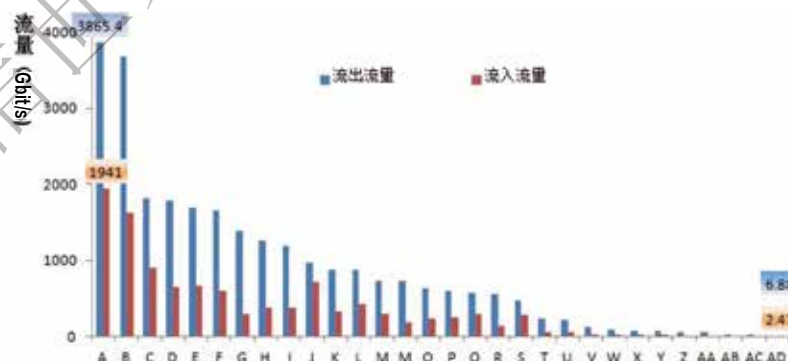


图10 区域—区域流量数据a

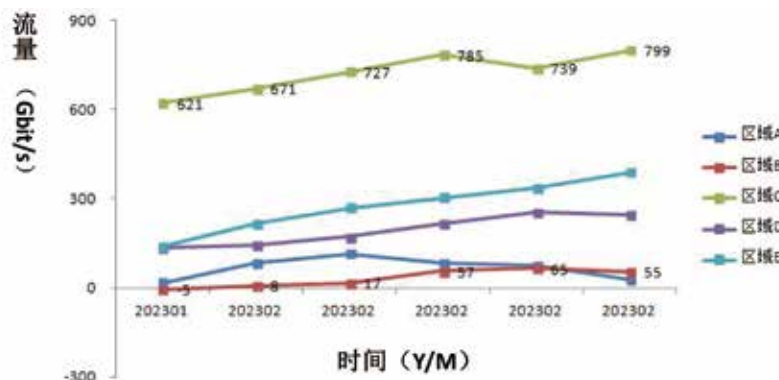


图11 多维度的流量变化

片上与片间光互连技术与产业分析

■ 中国信息通信研究院技术与标准研究所 刘璐 吴冰冰

随着各行业数字化转型进度加快，5G、人工智能等新技术迅速普及应用，算力需求快速增长。一年来，ChatGPT为代表的大模型开发和应用取得巨大进展，带动算力需求进一步提升。在数据中心与高性能计算中心高速发展的同时，互连技术也需要随之升级演进，以满足数据传输的大带宽、低时延、低能耗等要求。相比于电信号，光信号具有传输带宽大、传输损耗小、抗干扰能力强、可高速无串扰并行传输等诸多优势，因此光互连成为通信发展的重要技术方向，如何发展片上与片间光互连以突破传统电互连瓶颈，成为当前的研究热点之一。

片上光互连

大规模集成易引发信号传输瓶颈问题，其解决思路之一是使用片上光互连代替电互连，数据传输由芯片上的光波导链路实现。相较于电，光传输损耗小、带宽大，片上光互连可以支撑实现大量长距离通道，若扩展到整个晶圆，则可实现晶圆级光互连网络。

片上光互连的核心是光电子集成芯片

光电子集成芯片由集成在同一块衬底上多种不同功能的有源器件和无源器件构成，通过光波导进行互连通信，进而实现具有特定功能的片上光学互连处理。激光器、调制器和探测器是光互连系统的核心集成器件，可分别采用波分复用、偏振复用及模分复用技术提高片上光互连的传输容量。目前，针对单一物理维度光信号的复用、解复用器件已经较为成熟。而多种复用方式的综合运用，如波长-偏振-模式混合复用等，可进一步提高片上光互连系统的通道数量和传输容量，这也是片上光互连的重要发展趋势。此外，选择和设计合适的片上拓扑结构对性能提升也具有重要意义。片上光互连架构不仅决定着片上网络中不同节点的互连方式，同时也影响路由器的端口和网络链路数量，进而影响网络的时延、功耗和可靠性等性能。

片上光互连尚处于研究阶段

美国加州伯克利大学于2015年制造出一种片上微处理器，使用光实现处理单元与存储单元之间的双向互连通信，每个方向可提供2.5Gbit/s带宽，这一成果具有重要意义。Intel也进行了针对性研究，并在2020年研究院活动上展示了其在微环调制器、全硅探测器、集成半导体光放大器、集成多波长激光器等光互连核心器件方面的重要进展。曦智科技于2022年在“第二届高性能芯粒与互连架构国际研讨会”上，介绍其实现了硅光芯片和CMOS电芯片的垂直封装，由光波导替代铜导线，形成片上光网络进行数据传输。该系统的通道数为512，单通道频率4GHz，片上总带宽2Tbit/s。实测数据显示，该计算系统能在1ns内完成多个计算核之间“All-to-All”的数据广播，这将大幅提高每个计算核的算力利用率。

片间光互连

通常情况下，光电合封（CPO，Co-packaged Optics）面向大型以太网网络交换机，交换芯片与光芯片封装在一起，与外部其他芯片之间形成光互连；而光I/O（Optical I/O）面向分布式计算系统，计算芯片与光芯片封装在一起，与外部其他芯片之间形成光互连。本文将这两种形态统称为片间光互连。

CPO：解决数据中心网络中交换芯片与光芯片之间的互连问题

CPO通过将光引擎放置在靠近主机ASIC的位置，最大程度地减少高速电通道损耗和阻抗不连续性，从而实现更高速度、更低功耗的I/O驱动。CPO相较于可插拔光模块，带宽密度提升一个数量级，能量效率优化40%以上。

目前报导的CPO光引擎技术方案主要为VCSEL阵列方案和硅光集成方案。然而，伴随着VCSEL调制速率的提升，芯片可靠性下降，在56GBaud速率尚没有稳定可靠的大规模集成VCSEL阵列，因此基于VCSEL阵列方案的多路并

行光互连研究大幅减少。硅光集成技术在近年来成为CPO光引擎的主要方案。硅光不需要气密封装，CMOS兼容更易与电芯片集成，且硅光调制器和探测器均可支持56GBaud以上速率。

当前CPO技术主要由交换机与光模块公司在推进，CPO样机在近三年相继发布。在“OFC 2020”会议上，Intel推出首款CPO样机，由1.6Tbit/s的硅光引擎与12.8Tbit/s的可编程以太网交换机集成。在“OFC 2021会议”上，Ranovus发布了Odin品牌模拟驱动CPO 2.0架构。在“OFC 2022会议”上，Marvell展示了其首款CPO样机，带宽为1.6Tbit/s；Ranovus基于AMD的Xilinx计算加速平台进行CPO 2.0的联合展示。在“OFC 2023”上，Broadcom和Marvell分别发布了51.2Tbit/s的交换芯片。总体来看，终端用户、设备制造商以及光器件供应商均涉足其中，形成了初步的产业生态。

据Yole预测，CPO市场将从2022年的600万美元增长到2033年的2.87亿美元。CPO数据中心市场于2022年正式起步，出货将以800Gbit/s和1.6Tbit/s端口为主，到2027年CPO端口将占近30%。CPO需要高度集成的光学以及硅芯片技术，难度较大，从可插拔到CPO的转换对企业研发实力提出较高要求，当前CPO产业链包含设计、光引擎供应商、激光器供应商、交换机厂商、硅光代工厂、设备商等。

2020年，业界开始对发展CPO标准形成共识。标准进展与技术和产业进展密切相关，美国、中国及欧盟率先开展标准化工作。光互连论坛（OIF）、板载光学联盟（COBO）、联合开发基金会（JDF）、国际光电委员会（IPEC）、中国计算机互连技术联盟（CCITA）等标准组织均针对CPO作出了一系列部署。

光I/O：解决计算芯片CPU、GPU、XPU等之间的互连问题

光I/O利用光具有的低功耗、高带宽、低延迟等优势，取代传统的电I/O方案，芯片输入输出的为光信号，进而构建分布式计算网络。在相同能效情况下，光I/O的边带宽密度与UCle、NVlink、PCIe等电互连相当，但传输距离远超电互连。

光I/O需要物理层和互连协议多重创新。在物理层方面，对于CPU而言，通用的对外通信通过PCIe协议实现。目前，数据中心内的光互连解决方案绝大部分针对以太网设计，基于PCIe的光互连解决方案几乎处于空白状态。相比于以太网，PCIe信号的通道数较多，单通道带宽较小，调制方法不同，对延迟的容忍度相对较小。因此，基于以太网的光互连方案无法直接套用到PCIe应用场景，需要重新定义和设计。

PCI-SIG于2023年8月宣布成立PCIe光学工作组，其职责是致力于通过光学接口实现PCIe。

在协议层方面，当前主流的分布式计算主要使用基于以太网的软硬件生态系统，而这一系统存在诸多的提升空间。目前基于以太网的方案需要使用内存屏障甚至软件设定临界区，导致性能开销大、延迟长，在复杂的控制流程之下甚至会出现“死锁”。相比以太网协议，CXL（Compute Express Link）协议提供了高效的数据同步，可大大降低软件管理的复杂度，降低CPU处理网络功能开销。

目前各大芯片巨头均已在光I/O领域进行布局，其中包括Intel、AMD、NVIDIA等。Intel已经与Ayar Labs合作多年，多次在OFC上展示其FPGA芯片间通过光I/O实现信号互连的阶段性进展。AMD通过收购Xilinx，整合了其硅光团队，在“ISSCC 2023”展示了其初步的进展。NVIDIA与Ayar Labs展开合作，其内部也有自己的硅光团队开发相关技术。Ayar Labs在光I/O方面具有较强实力，与多位伙伴积极合作，其在“OFC 2023”上展示的TeraPHY可以实现双向4.096Tbit/s数据传输。据Yole预测，光I/O市场将从2022年的500万美元增长到2033年的23亿美元。

由于面向不同应用场景，两种片间光互连的性能存在较大差异。从带宽和能效角度来看，根据Intel数据，单个CPO模块的带宽为1.6~3.2Tbit/s，带宽密度为50~200Gbit/(s·mm)，能效为15pJ/bit；而光I/O的总带宽为40Tbit/s，带宽密度为5Tbit/(s·mm)，能效为3pJ/bit。Ayar Labs数据显示，同样能效情况下，光I/O的边带宽密度比CPO的大一个数量级。从延迟角度来看，根据Ayar Labs数据，光I/O的延迟在5ns左右，对应的误码率为 $1e^{-15}$ ，而CPO为了达到相同的误码率，需要使用FEC技术，其延迟在100~150ns。整体上看，光I/O比CPO的性能要求更高。

总结展望

片上光互连的核心是光电子集成芯片，当前处于研究阶段。CPO的研究聚焦51.2Tbit/s交换机，产业化与标准化进程已经启动。光I/O特别适用于计算结构，当前已有产品小批量出货，未来仍需物理层和互连协议进一步创新。无论片上还是片间光互连仍有许多亟待解决的关键问题，如生态尚不成熟、功能选择较少、编程模型缺乏业界共识、可靠性存挑战，以及面临相干、线性驱动可插拔等其他技术挤压等，需要业界的积极探索与合作，共建完善的技术、产业与标准生态。

新型DCI互联波分技术原理及应用

■ 中国通信建设集团设计院有限公司第一分公司 童菲

互联网数据中心 (IDC) 是一种为大型互联网、云服务企业等提供的, 专门用于存放、管理和交换数据信息的大规模互联网安全服务场所。它通过向企业提供必要的代理维护、代理储存以及增值附加服务, 以收取相应费用的方式实现盈利。

IDC在实际应用中, 首要选择的网络技术方案为OTN, 即基于光电子技术的光信号传送网络技术, 该技术方案具有大容量、低延时以及灵活应用的优势, 能够为DCI互联波分技术的应用提供必要的场景。

然而, OTN方案存在实际应用成本高、扩展性受限制等问题, 在一定程度上制约了DC业务的持续发展。运营商的网络公司应充分分析传统OTN技术与新兴模块化波分技术的优势和弊端, 充分考虑应用场景给不同技术方案的限制, 从而为优化DC类业务、提升业务服务质量奠定良好基础。

新型DCI互联波分技术概述

新型DCI互联波分技术是一种用于互联网数据中心互联的高速光纤传输技术, 该技术利用光的波分复用原理, 将多个数据流通过不同的波长光信号集中在同一根光纤中传输, 以光纤作为传输介质, 可实现高带宽、低延时以及高灵活性的数据传输。其中, 波分复用主要分为密集波分复用与粗波分复用两种, 在密集波分复用中, 波长之间的间隔非常狭窄, 使得波长能够在同一根光纤中实现同时大量传输; 而在粗波分复用中, 波长之间的间隔相对较大, 因此波分复用的传输容量也就相对较低。

在实际应用中, 新型DCI互联波分技术能够通过对高密

度的波分复用器和光纤设备的有效利用, 向互联网数据中心提供更高的传输容量以及带宽, 且相较传统DC互联波分技术, 具有更高的灵活性与性价比, 因此新型DCI互联波分技术有更广阔的应用前景。

新型波分技术原理

新型DCI互联波分技术原理

新型DCI互联波分技术的主要原理为光纤传输与波分复用。其中, 光纤传输是一种利用光纤传输线路实现光信号传输的技术, 该技术具有传输速度快、传输距离远、干扰小等应用优势; 而波分复用技术则能够实现对同一条光纤线路上多个光信号的同时传输。综合应用光纤传输技术与波分复用技术, 便能够形成具有更高传输效率以及更大传输容量的新型DCI互联波分技术。

目前, 几种较为常见的新型DCI互联波分技术有直接探测、相干传输以及光分封等。直接探测是使用光收发器对光信号进行直接探测与解码, 并将其转换为电信号的技术, 该技术通常应用于传输距离较短的场景; 相干传输是利用相干光收发器对光信号进行解调和解码的技术, 相较直接探测技术, 该技术适用于传输距离更长的场景; 光分封技术是利用海底光缆将光信号分封传输的技术, 通过应用海底光缆, 能够实现对不同数据中心以及地区的网络连接, 进而有利于DCI在全球范围内的互联。

传统WDM/OTN技术方案 (如图1所示), 存在设备组网复杂、造价成本高等问题, 在一定程度上限制了新型DCI互联波分技术的应用。为解决这一问题, 可通过WDM模块

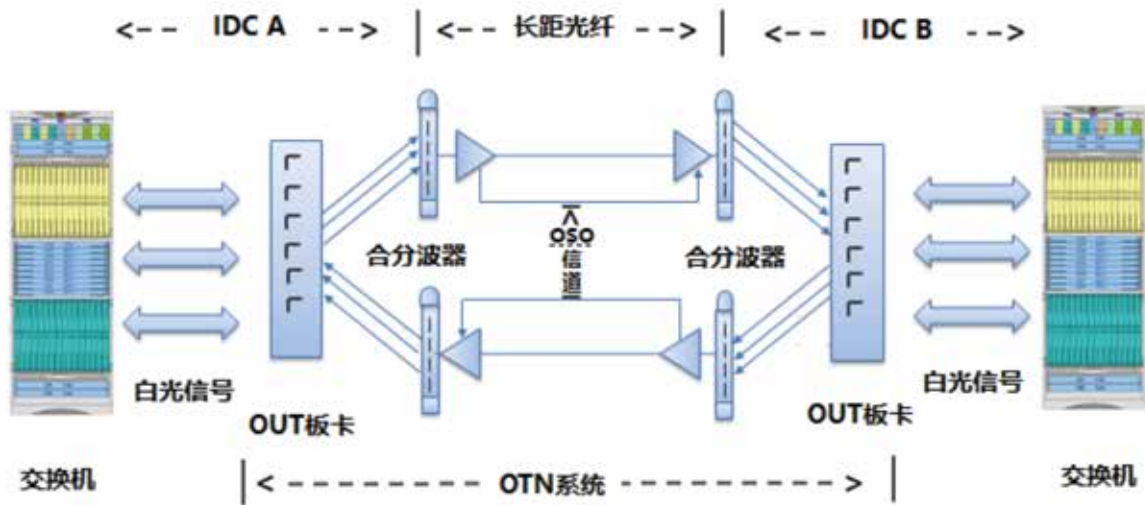


图1 传统WDM/OTN技术方案

化设计的方式进行优化。

模块化波分技术原理

与传统WDM/OTN技术相比，模块化波分技术能够将不同波长的光信号集中在同一光纤上进行传输，主要包括以下核心模块：OTU、复用单元（MUX）以及传输单元。其中，OTU是WDM模块化波分系统的核心模块，能够将电信号转换为光信号，并能将不同波长的光信号输入合并为复合波长的光信号，并在光纤上进行传输；同时，也能够将复合波长的光信号拆分为多个独立波长的光信号，供接收端解码和处理。

除此之外，OTU还能发现光信号错误以及控制发射功率，从而有效增强模块化波分系统应用的灵活性与可靠性。复用单元能够实现对不同光信号波长的复用，将这些光信号合并到同一光纤上进行传输。复用单元可分为两类：一类为应用光学耦合器，利用光波导技术实现不同波长光信号的相互耦合以及复用；另一类为波分复用器，利用光栅或薄膜滤波器等光学元件实现波分复用。

传输单元的主要作用在于将复用后的波长信号进行放大与传输，以增强信号在传输过程中的可靠性。传输单元通常包括光放大器、光纤以及波长选择器，采用独立子框，可实现对光通信系统中光纤链路的保护、故障的定位以及诊断，从而有效提高网络的可靠性与稳定性。

模块化WDM设备形态区别于传统WDM系统的关键原因，体现在以下几个方面。

一是模块化波分系统通常采用刀片式的设计形式，机架单元设计为1~2个，以节省机柜空间，且设备深度通常小于

60cm，便于安装和维护。

二是业务子卡、光放/合波分板卡、供电系统、风扇等，均采用模块化设计，从而在设备发生故障与检修时，能够通过更换单独模块的方式提高设备的可维护性，减少设备的维修时间与维修成本。

三是相较传统WDM系统，模块化WDM系统在供电模式上能够提供给用户更多选项，便于用户结合实际情况选择适宜的供电方式。

四是线路侧光模块是模块化波分系统中承载光信号的关键组件，WDM系统有CFP2-DCO和CFP2-ACO模块，通过这两个模块的结合应用，能够实现对光信号的自动调制与解调，有效提高光信号的传输质量。

传统DC互联波分技术与DCI互联波分技术的对比分析

相较传统DC互联波分技术，DCI互联波分技术在实际应用中更加具有优势，具体表现在机房空间、机房用电以及造价成本上。

机房空间

传统DC互联波分技术方案在实际应用中，由于受到技术因素限制，需要安装多个独立的波分复用器与解复用器，用于实现光信号的多路复用与解复用。这些独立的设备通常体积比较庞大，且每个波分复用器与解复用器均需要安装在机柜中，并需要连接大量的光纤以及其他设备，因此通常会占用大量的机房空间。当数据中心业务量增加时，这些设备的体积和数量也将随着通道数量的增多而增加。除此之外，

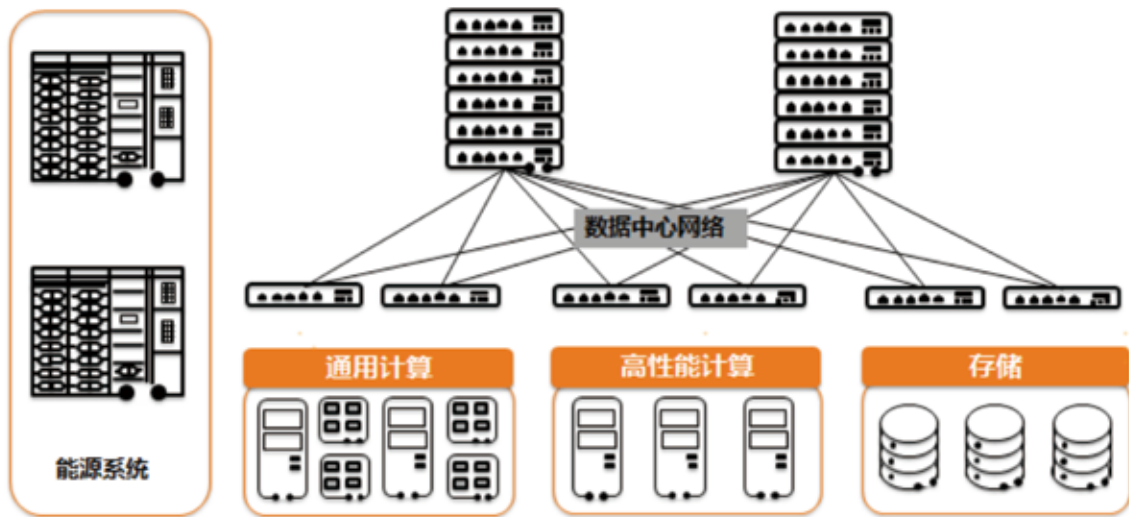


图2 应用新型DCI互联波分技术实现数据中心互联

为保证数据传输质量，机房中还需要设置专门的温度控制及冷却设备，以实现对机房环境温度的调控。

相较传统DC互联波分技术方案，DCI互联波分技术方案在实际应用中能够通过采用高密度光模块封装的方法，实现对多个传输通道的集成，从而有效减少设备的数量与体积，大幅度节约被占用的机房空间，实现更为高效的机房空间利用，这将有利于提升数据中心的空間规划与部署能力。

除此之外，应用DCI互联波分技术，还能够有效减少光纤的数量与长度，实现更为简捷的布线方式，降低后续管理维护工作的复杂性；并通过应用更为先进的光传输技术与材料，提高光信号的传输品质。

机房用电

传统DC互联波分技术在实际应用中，需要接入大量的机房设备、电源以及风扇，以确保相关设备能够实现正常运行和冷却。这种设计方式会导致整个机房的功耗与电力需求较高，需要耗费大量的电力能源以维持线路的稳定运行。

相较DC互联波分技术，DCI互联波分技术在电源和风扇设计上更为智能。在电源设计上，通过采用更高效的智能化电源供应方案、使用效率更高的电源变换器和稳压器的方法，根据实际负载需求来进行电力供应，从而有效避免不必要的能源浪费，提升机房综合电力利用率。在风扇设计上，DCI互联波分技术通过优化风道结构、采用高效的轴承等方式，最大程度提升冷却效果，减少用电消耗。

造价成本

在传统DC互联波分技术方案中，由于线路、通道接口、散热设备等组件的接入与整体安装数量较多，因此需要耗费

大量的设备购置成本，以满足数据中心的通信需求。此外，在后续的设备运行与实际应用中，需要养护人员定期对设备进行检修、维护与更新，及时处理故障并更换损坏的部件，因此设备维护的人工成本费用也就较高，需要数据中心投入更多的费用以维持合适的机房环境。

相较传统DC互联波分技术，DCI互联波分技术能够通过应用集成化、智能化的设计方式，减少运行设备与组件等的数量，实现设备采购和维护成本的节约。具体而言，DCI互联波分技术通过应用高度集成的设备模块，将传统DC互联波分技术中不同设备的多项功能集中整合到一台设备中，从而有效减少数据中心运行所需的设备数量。这种集成化的设计方式不仅可以有效降低设备的购置成本，还能够实现设备部署以及维护流程的简化，有效降低设备与机组管理运维的复杂性。

此外，DCI互联波分技术还具备配置灵活与设备更换便捷的特点，有助于数据中心维护人员根据实际需求，灵活配置与调整系统模块及功能；同时使得DCI互联波分技术充分适应不断变化的数据中心业务处理需求，降低设备的维修成本与技术升级成本。

新型DCI互联波分技术应用

新型DCI互联波分技术可应用于不同的DC业务（如光纤直驱、数据中心互联、云服务、构建中继系统等场景）中，提供更加可靠与安全的数据信息传输服务。

光纤直驱

新型DCI互联波分技术在光纤直驱中的应用，能够实现

光纤直接插入设备的光接口,从而为相关用户提供高带宽、低延迟的数据传输服务。相较其他应用场景与应用方式而言,光纤直驱是一种最为经济和直接的方式。现阶段,该方法主要应用于高性能计算等领域,有着良好的应用效果。然而,光纤直驱在实际应用中存在无抗断纤能力的问题。具体表现在当光纤发生断裂或损坏时,数据传输会因光路径的中断而无法进行,整个数据信息传输效率与质量也会受到影响。为解决这一问题,增强光纤直驱连接的可靠性,通常采用将多路光纤进行冗余连接的方式,提高线路的容错能力,当其中一条光纤发生断裂时,其他光纤仍能保持正常使用,以此保证连接的可靠性。

数据中心互联

如图2所示,应用新型DCI互联波分技术,有助于实现多个数据中心的传输互联,为数据的共享、备份与协作提供良好的技术环境。具体而言,DCI互联波分技术可利用光纤实现高效率的数据传输,并通过对光信号的波分复用与解复用,提高数据传输的带宽和速率,并保证数据在传输过程中的可靠性。

同时,通过DCI打造的互联通道,有利于实现不同数据中心之间的资源信息共享以及数据备份,为大规模集中式计算提供服务。利用这一技术,可构建高效、可靠的数据中心互联网络,有效推动数据中心的发展。

云服务

应用新型DCI互联波分技术,可以为相关云服务企业提供具有更高传输速度与安全性的数据互联解决方案。具体

而言,新型DCI互联波分技术能够为相关云服务企业提供高速、低延迟的云内部通信服务,满足云服务的性能需求。

除此之外,云服务企业通常需要结合用户需求,对云服务规模进行扩展与收缩,而应用新型DCI互联波分技术,能够实现数据中心之间的快速扩展与动态化的灵活配置,从而提供更加具有弹性的云服务能力。

构建中继系统

新型DCI互联波分技术可用于构建中继系统,通过波分复用技术,为光纤网络同时传输多个波长的数据提供便利,进而提升数据信息的传输能力,并保证长距离传输时的稳定可靠。

除此之外,DCI互联波分技术在数据传输中具有较强的抗干扰以及容错能力,能够提高数据传输的可靠性和稳定性,因此常被应用于电信运营商、跨国企业中,以保证数据的安全性及完整性。该技术的应用还有助于提供快速、可靠的多个地理位置间的传输解决方案,便于连接不同的数据中心、办公地点以及分支机构,通过构建数据共享与系统合作中心的方式,实现数据的高效处理。

最后,DCI互联波分技术可根据组织的不同需求以及网络规模,提供灵活的网络架构设计,满足不同组织的中继传输需求。

综上所述,新型DCI互联波分技术的应用能够消除传统DC互联波分技术的弊端,提升数据信息的传输质量,有利于DC类业务的发展。同时,该技术的应用也有助于促进数据中心、云服务类企业服务水平的提升,有利于促进我国经济的持续健康发展。 



释放

强化科技创新赋能，释放数字经济新动能。



**脚踏实地，撸起袖子加油干，
相信我们随着一段飞机般的滑跑，终会起飞！**

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

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

2024年

杂志征订
开始啦!

ICT产业发展推动者

欢迎订阅!



邮发代号: 82-659

每月10、25日出版

定价: 20元/期

480元/年

订阅方式

1. 邮局订阅

凭邮发代号82-659
在全国各地邮局(所)订阅

2. 发行部订阅

拨打征订热线或发送邮件
到征订邮箱提交订阅信息订阅
邮箱: caojunying@bjxintong.com.cn
征订热线: 010-52265607

3. 微信订阅

扫描二维码-通信世界-杂志订阅



微信订阅更便捷