

中兴通讯技术

ZTE TECHNOLOGIES

简讯

2024年1月/第1期
准印证号：(粤B) L011030048

观点

04 5G-Advanced助力物联网价值拓展

08 5G-Advanced演进综述



专题：5G-Advanced

10 中兴通讯5G-A：创新开启新征程





第28卷/第01期

总第424期

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

《中兴通讯技术（简讯）》顾问委员会
主任：刘健
副主任：孙方平 俞义方 张万春 朱永兴
顾问：柏钢 方晖 李伟正 刘金龙
陆平 胡俊劫 华新海 王强
王全

《中兴通讯技术（简讯）》编辑委员会
主任：林晓东
副主任：黄新明
编委：邓志峰 黄新明 姜永湖 柯文
梁大鹏 刘爽 林晓东 马小松
施军 孙彪 杨兆江 朱建军

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

主办单位：中兴通讯技术杂志社
编辑：《中兴通讯技术（简讯）》编辑部
发行范围：国内业务相关单位
印数：4000本
地址：深圳市科技南路55号
邮编：518057
发行部电话：0551-65533356
网址：<http://www.zte.com.cn>

设计：深圳市奥尔美广告有限公司
印刷：深圳市旺盈彩盒纸品有限公司
印刷日期：2024年1月25日



李晓彤
中兴通讯RAN产品总经理

厚植根基，共赴新程

5G商用4年多以来，我国在网络建设、用户增长、产业发展和应用创新等方面取得了引人瞩目的成就，充分释放了个人数字消费潜能，促进了行业应用生态繁荣，催生了诸多新业态的萌芽发展。作为支撑数字经济高质量发展的关键基础设施，5G“一业带百业”的重要作用正在不断彰显。

与此同时，我们也看到当前的5G网络和产业发展还存在不足。对于消费者来说，5G仍然缺乏杀手级的应用，难以让用户感受到明显的体验代差。对于行业应用来说，5G已广泛用于园区管理，但尚未深入生产核心环节。面对工业传感器、视频监控及可穿戴设备的联网需求，5G能力过剩，终端成本过高；面对工业控制的大上行、确定性、精定位等需求，当前的5G还存在着能力瓶颈。

要解决这些不足，5G网络需要向5G-Advanced演进。面对5G演进的“下半场”，中兴通讯对5G最初定义的三大场景，即eMBB、mMTC和URLLC进行增强，并开拓全域通感、空天地一体和泛在智能等新能力和新场景。面向个人消费者，5G-Advanced的无缝万兆能力可支撑视频应用从2D向3D过渡，并升级到沉浸式XR，带来数智生活体验的跃升；面向行业应用，5G-Advanced的轻量化和确定性能力，是企业园区及核心生产域进一步推进数字化、网络化、智能化升级转型的关键；5G-Advanced还将拓展各类新经济，如车联网、低空无人机网以及卫星互联网，助力实现数智社会。

5G-Advanced既是对5G的增强，也是对6G的衔接。面向5G-Advanced新征程，中兴通讯将坚守“数字经济筑路者”的定位，厚植根基，创新引领，开放合作，与产业伙伴一起推动技术进步、生态完善和应用升级，助力5G二次腾飞，夯实6G发展基础，智绘无界未来。

目次

中兴通讯技术（简讯）2024年第1期



中兴通讯5G-A：创新开启新征程

5G商用4年多，中国成功领跑5G的上半场：截至2023年11月末，5G基站总数达328.2万个，占移动基站总数的28.5%；5G移动电话用户达7.7亿户，占移动电话用户的44.7%；2023年蜂窝物联网连接数已超23亿，“物联网+”驶入发展快车道；5G行业虚拟专网超2.9万个，5G行业应用融入71个国民经济大类。

视点

04 5G-Advanced助力物联网价值拓展

张万春

08 5G-Advanced演进综述

向际鹰

专题：5G-Advanced

10 中兴通讯5G-A：创新开启新征程

刘爽，倪燕子

13 开创未来，毫米波助力5G-A实现万兆无缝覆盖

魏涛

16 5G NTN：星地融合通信新方向

马文彬，郝瑞晶

19 5G RedCap蓄势待发，助力5G应用更大规模发展

曹妮

22 中兴通讯通感一体方案助力低空经济腾飞

海振坤，赵志勇

24 数字孪生助力5G-A新业务新场景拓展

周冲

26 RAN Composer助力5G-A打造泛在智能，释放

5G新价值

郑玲霞，顾军

28 核心网5G-A内生智能方案，助力运营商重点

业务体验保障

牛娇红，何伟

30 智能超表面RIS：面向低成本可持续的5G-A网络

演进

任涛



成功故事

33 浙江电信携手中兴通讯：九大创新成果打造5G-A

杭州智慧城市

宋杨

36 天翼交通携手苏州电信、中兴通讯推进5G+车路云

一体化中国方案创新实践

卢慧敏，马星烁

技术论坛

38 5G面向工业领域的确定性保障增强技术

郑兴明

02 新闻资讯

GoldenDB金融级分布式数据库市场排名第一

知名咨询机构沙利文（FROST & SULLIVAN）发布《中国金融数据库行业研究（2023）》，报告显示：金篆信科GoldenDB在金融领域已形成领先落地深度与广度，银行业金融级分布式数据库市场份额排名第一，占比24.4%；银行核心系统（不包括次核心）市场投产数量行业占比50%，次核心及非银核心系统市场投产数量占比32%，均为行业第一！这是GoldenDB继过去两年蝉联金融级分布式数据库第一之后，再次获得沙利文的认可。

此次沙利文的报告，彰显了GoldenDB在技术实力、产品能力、市场表现上的突出成就。

5G-A十大创新场景隆重发布！

中兴通讯携手中国电信共赢5G-A新时代

2023年12月19日，中兴通讯、中国电信携手产业伙伴，在北京举办了“网融新篇，数智新程，5G-A创新成果发布会”，揭晓了5G-A十大创新场景。

作为引领趋势、变革创新的先行者和主力军，中兴通讯携手中国电信与产业链伙伴共同完成了一系列创新

实践，在万兆新网络、万兆文旅、万兆新媒体、行业大上行、行业高可靠、数智低空、超稳态车联、孪生赋能、亿级物联、海域智监领域十大场景展开深度合作，实现了业界首个5G-A万兆车地/船地通信、业界首个5G-A超高清浅压缩实时视频制播、业界极致速率25Gbps无缝万兆网络、业

界首个5G-A动态帧共享应用、业界首个数字孪生共建共享网络智慧赛事应用、业界首个5G-A通感一体组网及多目标验证、业界首个城市级超稳态自动驾驶、业界首个海域场景5G NTN测试等丰硕成果。



中兴通讯荣获“2023年度5G-A场景开拓创新企业”

12月28日，2024（第二十届）ICT行业趋势年会召开，来自运营商、设备商及上下游产业链的多位行业大咖和权威专家齐聚北京，畅谈技术和产业走势，共商行业发展大计。在年会“ICT龙虎榜揭榜盛典”上，中兴通讯获得“2023年度5G-A场景开拓创新企业”大奖。

浙江移动与中兴通讯携手成立信创实验室

2023年12月，“浙江移动-中兴通讯信创实验室”正式宣布成立。此举标志着浙江移动与中兴通讯在数据库信创方面取得重要成果，并进一步展现了双方在加强信创合作方面的信心与决心。

成立仪式上，在浙江移动总经理杨剑宇、中兴通讯高级副总裁林炳的见证下，浙江移动副总经理朱华新、中兴通讯副总裁陈新宇共同为实验室揭牌。

河北移动率先规模部署5G AAU自动启停功能

2023年12月，河北移动联合产业合作伙伴多次探索能耗更低的节电新模式，携手中兴通讯完成5G AAU自动启停功能研发和规模商用部署。AAU自动启停功能通过软件技术与硬件架构的完美结合，仅需远程软件一键升级，即可完成功能部署，AAU待机能耗降至5W以下，在深度休眠基础上功耗再降90%以上，实现射频设备超98%的极致节能，打造5G网络绿色节能低碳运营新范式。

何梁何利基金2023年度颁奖大会

2023年12月19日 中国·北京



中兴通讯CTO王喜瑜荣获

2023年度何梁何利基金科学与技术创新奖

12月19日，2023年度何梁何利基金颁奖大会在北京举行，中共中央政治局常委、国务院副总理丁薛祥出席颁奖大会并讲话。丁薛祥强调，人才是科技创新的第一资源。实现高水平科技自立自强，归根结底要靠高水平创新人才。要深化科技体制改革，完善人才发展体制机制，营造良好创新生态，充分激发各类人才创新活力。希望获奖科学家把奖励和荣誉化为动力和担当，多出关键性、原创性、引领性重大科技成果。希望广大科技工作者大力弘扬科学家精

神，服务国家重大需求。希望何梁何利基金秉承“爱国、爱港、爱科学、爱人才”初心，为推动国家科技进步贡献更大力量。希望社会各界关注创新、参与创新、支持创新，将更多社会资源集聚到科技创新上，为科技事业提供强有力的支撑。

中兴通讯执行副总裁、首席技术官王喜瑜因在推动信息与通信技术创新及产业发展方面所做出的重要贡献被授予“何梁何利基金科学与技术创新奖——产业创新奖”。

上海电信联合中兴通讯打造的新型城域网项目荣获Telecom Review亚洲“最佳数字推广奖”

2023年12月，海外知名ICT媒体Telecom Review在迪拜举行第17届领导者峰会，并正式公布2023年度“电信优秀奖”（Telecom Review Excellence Awards）获奖结果。其中，上海电信联合中兴通讯打造的基于IPv6的新型城域网项目荣获亚洲“最佳数字推广”（Best Digital Outreach）奖。



深圳联通携手中兴通讯完成业内首个900M网络智能编排方案验证

2023年12月，深圳联通联合中兴通讯完成业内首个900M网络智能编排方案验证，向自智网络迈出关键一步。

此次验证，智能网络编排方案根据4G/5G业务负荷情况，以簇为单位按需调度网络资源，充分发挥多频协同优势，减少同频干扰，实现潮汐效应和频谱演进效益最大化，实现一次部署、动态演进。

中国移动携手中兴通讯完成高确定性工业基站方案验证，赋能产线柔性生产

2023年12月，中国移动研究院携手中兴通讯在河北领克工厂、广州明珞装备等完成了高确定性工业基站的预商用验证。

本次测试5G网络确定性能力达到 $8\pm1\text{ms}$ @99.999%，且通过了实际产线连续 7×24 小时稳定性测试，验证结果表明高确定性工业基站解决方案可以满足工业现场控制（如PLC）所需的网络确定性能力要求。

中兴通讯XRExplore荣获第八届金陀螺奖两项大奖

2023年12月，FBEC2023未来商业生态链接大会暨第八届金陀螺颁奖典礼在深圳成功举行，中兴通讯工业元宇宙平台和MR虚拟实训解决方案凭借扎实的商业项目应用分别获得年度优秀AI+XR应用创新奖和年度优秀MR应用奖。

5G-Advanced

助力物联网价值拓展



张万春

中兴通讯高级副总裁

经 过4年多的商用发展，5G在规模和效益上都取得了巨大成就。根据信通院测算，2022年5G直接带动的经

济产值达到1.45万亿，并且已经实现物超人的移动物联网连接规模，2023年进一步超过20亿，而最为重要的领域5G赋能产业数字化专网数量超过2万，这些成就离不开产业界的共同努力。

中兴通讯坚持做好数字经济筑路者，在过去一年不断提升网算业的能力底座，纵向贯通为客户提供端到端的业务发展解决方案，横向不断拓展场景，尤其在连接和算力领域从通用场景到专用场景都有一系列的创新。我们积极开展5G通核算控一体外场试验，使能低空经济；此外还推出RedCap轻量化5G物联网终端外场增强功能测试、5G NR-NTN低轨卫星实验室验证等；在通算基础上，推出端到端智算解决方案，并在上海共同实践“智御”反诈大模型应用。这些关键技术突破、产品开发和商用实践上取得的亮眼成果，也为产业的发展做出贡献。

在5G发展取得巨大成就、物联规模快速发展的同时，我们也清醒地认识到还有许多不足和问

题。作为5G先发市场，当全球都在学习中国5G发展的的时候，实际上我们是在无人区探索，挑战不可避免。

在ToC领域，5G业务体验离大众的期望还有差距，XR、裸眼3D、可穿戴设备等新的连接需求虽然出现，但终端丰富度、内容支撑、算网云一体的技术能力匹配，尚需要技术升级和产业协同。

在ToB领域，尽管5G专网已经渗透到了国民经济绝大部分行业领域，部分领域园区网已经形成规模化，但5G赋能企业核心生产域业务，人机料法环的全连接能力仍有不足，如机器视觉的超大上行速率、PLC的超低时延及可靠性等，还需要不断探索技术演进和创新。

更为重要的是，新的经济领域总是在不断推动社会的发展，如车联网、低空经济等，在这些领域是否能发挥5G的链接作用，更好地赋能社会发展，从而充分发挥5G的技术优势和价值，也是摆在我们面前的重要课题。

因此，以场景价值为驱动，中兴通讯已经在5G-Advanced技术演进方向上做了整体规划布局

和开发应用，概括起来就是3大领域6大能力。在ToC领域，通过网络增强，提升大众数智生活体验，例如沉浸式体验、可穿戴业务，支撑的能力底座包括泛在万兆、千亿物联、空天地一体和智能网络等，以128TR、毫米波、RIS、RedCap等技术创新为代表。在ToB领域，着重增强从管理域向生产域业务拓展的网络能力，深入赋能数智行业，支撑的能力底座包括千亿物联、确定性能力等，以算网一体机、URLLC、TSN、双发选收(FRER)、三免自服务等技术创新为代表。在新经济领域，重点通过拓展全域通感算、空天地一体等能力底座支撑星网、低空、车联网等业务，助力数智社会。5G-Advanced的6大能力，除了逐步兑现后5G时代物联网价值领域的拓展，也会很好地承接6G重点的演进方向，从而实现一体化发展。

接下来我们重点从ToB和ToX两大领域阐述我们对于5G-Advanced在物联网领域的拓展思路和实践。

5G-Advanced助力ToB专网应用拓深拓宽

在ToB行业网领域，我们认为5G-A是赋能OT

域物联价值发挥的关键依托。从我们过去5G ToB的项目实践来看，OT域剪辫子是企业普遍存在的数字化诉求。OT域的移动性业务如AGV，以及天车远控、低成本的海量数据采集、产线的柔性化生产，都对网联的无线化有强烈诉求。但目前Wi-Fi存在性能和安全性方面的问题，5G是唯一可以满足生产域剪辫子的无线技术，提供大上行、泛连接、低时延和高可靠的确定性保障能力。以恒阳热电厂为例，生产过程中需要实时采集和监测抽水泵、化水、锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的温度、气压等参数，每个锅炉采集点上千个，而且要求丢包率小于百万分之一，我们用5G替代传统的有线连接模式，显著降低了成本。此外在汽车制造中，岛式生产实现柔性是一个趋势，要求安全PLC剪辫子，对网络性能要求极高，达到 $20\text{ms}@99.99\%$ ，我们在五菱宝骏进行了成功验证。

生产域剪辫子只是基本需求，随着新型工业控制的云边端3层架构演进，我们会发现生产现场越来越需要业务的本地化处理，因此ToB行业网除了连接还有算力部署需求。例如广州明珞是一个给汽车整车厂提供生产线体的系统提供商，在交付生产线体时需要在车厂现场进行产线调试



▲ 中兴通讯网-算-业能力底座

和性能优化，传统是通过工业以太网+Wi-Fi的方式，成本高、组网复杂，并且容易出现干扰掉线影响交付效率。同时他的多套产线应用系统，如MISP（明珞工业物联网智能制造服务平台）、IMS（智能加工站）、VC（虚拟调试）、数采等需要大量工控机，成本高、空间受限、安装维护麻烦。我们与明珞合作采用5G+算网一体机组网模式，减少了60%的调控设备，交付周期缩短15%。这个案例中除了5G连接外，最关键的就是算网一体机，它具备网和算的融合能力，可以把核心网、BBU、网管运维等网的功能在现场实现，同时可以部署机器视觉、PLC、数采等业务应用。

终端是ICT产业规模化的关键要素，在ToB行业网也不例外。ToB行业网的业务多样性决定了对于终端的需求多样化，要求5G终端适配生产数字化设备的各种物理接口、工业协议，有的还要求做一定的业务处理如视频压缩等。这类终端的功能强大，可靠性要求高，是业务确定性保障的重要环节，成本较高。而ToB行业网的泛连接更

多需要中低档终端，例如环境信息采集、设备生产状态采集、视频监控等设备，这些终端对带宽、可靠性等性能要求没那么高，但往往要求低功耗、小尺寸、易管理等，5G RedCap技术能够比较好地适应这些场景需求。当前中兴通讯已经完成RedCap端到端商用验证，随着RedCap终端种类的丰富，ToB行业网泛连接规模化将快速推进。

5G-Advanced支撑ToX新经济

随着无人机的大量应用，低空经济逐渐成为经济发展热点。美团无人机外卖配送已在深圳近20个社区落地，服务数万人，此外无人机也广泛应用到电网巡检、应急救灾、低空安防等领域。目前低空飞行领域主要采用Wi-Fi、自身毫米波雷达等技术，属于非授权频谱，容易受干扰，而且雷达对“低慢小”无人机探测效果不佳，且不具备组网的能力，很难实现连续覆盖。5G通感算一体技术实现了感知、通信和算控融合功能，能够





中国的5G建设和应用发展已经领先全球，当前发展重点是解决从建好到用好的问题，关注场景价值的发挥。5G-Advanced能够更好地拓展应用场景，释放网络能力，实现价值抬升，为人民生活质量的提升、社会生产力的升级做出贡献，产业仍需要继续保持引领的地位。

全天候、全域、高精度感知，达到实时宽带通信的可靠连接，并通过基站内置算力实现飞行业务和数据的实时处理。中兴通讯已完成业界首条“5G通感算一体控化”低空无人机航线验证，在亚运会打造高精度低空安防体系，感知精度达到亚米级，感知距离大于1km，精确度超过99%。

我们再看另一个新经济热点——车联网。车联网更是典型的集通信、感知、算控处理为一体的系统。当前基于PC5模式的V2X，仅20MHz带宽，性能受限，组网复杂（需要RSU/RCU/雷达/摄像头等），且网络需新建（截至2022年底，全国仅部署6400套RSU）。基于5G Uu口模式的V2X具有大带宽（100MHz）、低时延（<10ms）、覆盖广等优势，且全国数百万的5G基站规模已经打下最关键的基础设施基础，可直接通过基站算力部署虚拟RSU。中兴通讯与江苏电信合作打造天翼交通自动驾驶模式，实现轻车熟路。“轻车”就是在车上不需要激光雷达等传感器阵列、大算力处理器以及其他辅助感知设备，降低了车端成本；“熟路”则是在路侧集成安装激光雷达、高清摄像头、路端通信模块及边缘计算等设备，打造出全路段无盲区、无死角的道路感知及通信系统。

卫星通信近来成为热点，未来空天地一体将助力万物广域互联愿景实现。从社会责任角度来

讲，空天地一体可以解决应急救援、环境及动物保护等社会问题，同时也会助力拓展海洋渔牧、海上勘探、新能源发电等新经济。中兴通讯在2022年8月完成了全球首个运营商5G IoT NTN技术外场验证，2023年9月在舟山完成业界首个海域场景IoT NTN测试，应用场景包括基于海洋浮标的水质监测、船舶监管、无人岛环境监测、无人岛应急救援等。5G NTN通过从卫星、基站到终端完成端到端全链路贯通验证，共享融合蜂窝和卫星产业链，推动降低成本，快速响应自然灾害，提供无处不在的网络覆盖。

中国的5G建设和应用发展已经领先全球，当前发展重点是解决从建好到用好的问题，关注场景价值的发挥。5G-Advanced能够更好地拓展应用场景，释放网络能力，实现价值抬升，为人民生活质量的提升、社会生产力的升级做出贡献，产业仍需要继续保持引领的地位。同时5G-Advanced和6G在能力体系上其实是一体化发展的，5G-Advanced当前的产业投入，也将奠定下一代移动网络布局和研发，最终让我们的整个产业实现一步领先、步步领先。

当前，5G-Advanced已打开商用落地时间窗，我们也呼吁产业各界在产业政策、产业标准、产业生态等方面共同努力，协同发展，共谱行业发展新篇章。**ZTE中兴**

5G-Advanced

演进综述



向际鹰

中兴通讯首席科学家

我

国5G商用已取得重大阶段性成就，数字经济发展底座不断夯实。移动通信技术大约以10年为一代，随着3GPP Release 18即将在2024年3月底冻结（发布），标志着5G演进正式步入后半程，开启5G增强即5G-Advanced阶段。

5G-Advanced是从5G演进到6G的必经之路，它将进一步挖掘5G网络潜力，推动ToC、ToB、ToX的发展，适应更多垂直行业的应用场景，激发新一轮创新浪潮。无缝万兆、千亿物联、确定能力、全域通感、空天地一体、泛在智能六大场景拓展和技术能力是5G-Advanced的核心内容。

标准层面，5G-Advanced需要经历R18、R19和R20三个版本开发周期，直至6G时代。实现层面，各种5G-Advanced增强技术会分阶段地进行商用部署。其中一部分与频段、实现相关性的技术，可望早于标准先期应用，另一部分技术将在标准增强后加速应用，还有一部分属于待研究和孵化的中长期技术。

下面简要介绍5G-Advanced中一些典型的技术和应用场景。

- 毫米波：作为支撑无缝万兆的最核心技术方向之一，毫米波已具备规模化应用能力。毫米波的主要挑战在于，高频信号覆盖增强、超大带宽处理、多波束控制、高低频融合组网等，近几年对上述技术已经有了比较好的应对和储备。
- 通感融合：通感融合技术在通信基站上叠加感知，实现“低/慢/小”目标物感知与应用能力，实现无线网络的边界拓展。由于不依赖于目标物主动产生信号，网络侧和目标物无需交互，因此该技术得到快速推进。后续在标准化协议方面也会做一些增强，以便协调好网络做感知处理时对通信资源的影响，从而提升通信与感知融合后的无线空口资源利用率。
- 确定性能力：5G赋能垂直行业离不开确定性保障能力，基于现有标准技术框架，增强算力后的5G基站能够满足大部分工业应用要求，提供4ms@99.999%低时延高可靠、μs级抖动的极致确定性能力。
- 内生AI，泛在智能：5G-Advanced阶段首次引入空口智能、网络智能标准化。我们认为

无线网络的内生智能是面向未来演进最重要的方向之一，是5G-Advanced新阶段不可或缺的核心能力。通过智能感知业务特性需求、提供精准保障，激发流量提升，和智能节能、智能运维一样，都是泛在智能的价值应用。

- RedCap：RedCap实现轻量级与低成本5G连接，更好地支持ToB业务，实现海量终端业务的快速部署。
- IoT-NTN：R17版本针对IoT-NTN有了一个基础版本，虽然R18及之后版本仍然有一些增强技术，但并不影响IoT-NTN加速应用，可早期部署。高轨卫星相对地面位置固定，频偏变化较小，移动性管理可简化，信道稳定，非常有利于IoT-NTN技术应用。中兴通讯已与终端伙伴合作开展了一系列技术试验，充分验证了手机采用IoT-NTN技术直连卫星通信的端到端应用能力。
- 多天线增强：为进一步提升MIMO容量，协议将DMRS (demodulation reference signal) 正交端口数提升到24，终端天线端口能力提升到8个，这些技术有助于5G-Advanced 128通道基站性能得到充分释放。
- 多载波增强：多载波增强是提升单个终端峰值速率最直接的技术。随着载波数量增加，载波资源池化、上下行解耦等技术有望得到应用。
- 5G XR：XR业务有大带宽、低延迟要求，如何在5G网络中得到有效保障一直比较有挑战。5G-Advanced在XR业务感知与识别、QoS管理、容量增强、终端节能等方面进行了系统性的增强。近来XR终端向轻便化持续提升，结合5G毫米波网络技术的快速成熟，5G XR有望成为5G-Advanced阶段最重要的流量增长引擎。
- 子带双工技术：“全双工”技术在工程上面临组网干扰的巨大挑战。“子带全双工”是在全双工基础上，考虑工程限制的一个折



作为5G到6G承上启下的关键阶

段，5G-Advanced肩负着行业跨界融合，催生新应用、新业务的重任，是信息技术融合发展、爆发式突破的关键期。

衷。它在载波内作上下行子带划分，并通过射频、基带多段处理消除自干扰，实现同时收发；对终端而言仍为TDD，但从整网看，不同终端有不同TDD帧结构，灵活性大幅提升，延迟降低。子带全双工可以为不同用户“按需”提供5G服务，满足运营商不同场景的部署需求。

- 动态协同RIS：对RIS智能超表面的研究可以说已经进入到深水区。RIS信道获取困难且规模过大，其精细空分导致成本功耗大幅上升，而采用静态或准静态方式，又不可避免地面临增益与受益面积之间的矛盾。RIS和基站间的动态协同技术可较好地解决这一矛盾，能够推动RIS真正步入实用化。
- 无源物联网：无源物联网终端不用连接电源，通过自身内部的接收电路接收基站发出的信号，产生电能，并在上行发送基站需要的信息。无源物联网在无人监测、物流追溯等领域有广阔的应用前景。

作为5G到6G承上启下的关键阶段，5G-Advanced肩负着行业跨界融合，催生新应用、新业务的重任，是信息技术融合发展、爆发式突破的关键期。在此过程中，对新技术的认知还将不断演进，随着探索的深入，5G-Advanced技术、产品、解决方案将加快成熟，为6G网络打下坚实基础。**ZTE中兴**

中兴通讯5G-A： 创新开启新征程



刘爽
中兴通讯RAN产品
副总经理



倪燕子
中兴通讯RAN产品MKT
方案总监

5G商用4年多，中国成功领跑5G的上半场：截至2023年11月末，5G基站总数达328.2万个，占移动基站总数的28.5%；5G移动电话用户达7.7亿户，占移动电话用户的44.7%；2023年蜂窝物联网连接数已超23亿，“物联网+”驶入发展快车道；5G行业虚拟专网超2.9万个，5G行业应用融入71个国民经济大类。种种数据表明，5G正带领我们迈向一个全新的数字化时代。与此同时，在新技术、新业务和新场景的牵引下，无线通信的边界不断拓展，中国5G发展正加速迈入5G-Advanced（5G-A）新阶段。作为5G向6G演进的中间阶段，5G-A不仅是未来10年5G应用发展的基石，更是塑造未来数字化社会的关键。

面向5G-A，中兴通讯基于无缝万兆、千亿物联、确定能力、全域通感、空天地一体、泛在智能六大场景拓展和技术能力演进，兑现三大领域价值，即：ToC迈向数智生活，连接虚实世界；ToB构建数智行业，深入生产域；ToX夯实数智社会，拓展车联低空卫星新经济。接下来，我们将基于六大场景，深入剖析5G-A的能力、场景和价值，并分享中兴通讯在各大场景的积累和实践。



无缝万兆：无处不在的大带宽，体验升级，场景拓展

网络是一切应用的基础。裸眼3D、云电脑、XR元宇宙、超高清直播、5G机器视觉等新业务形态的兴起，驱动5G网络从千兆迈向万兆。中兴通讯业界首家实现中频从64TR向128TR演进，带来翻倍的容量；基于业界最大1.6GHz带宽的高频基站，实现28Gbps的超大容量；结合业界首个动态智能超表面（RIS）基站协同，提升基站覆盖能力30%以上，支撑无处不在的大带宽体验。

无缝万兆的网络底座催生了5G-A丰富的应用场景：“小站上车+万兆无线回传”的“5G车地系统”在上海地铁四号线全球首发，地铁车厢回传可达下行15Gbps，上行2Gbps，为广大乘客提供随时随地的5G稳定信号及高速体验；在杭州，业界首创的5G-A船地回传系统打造超万兆邮轮，实现单终端下行峰值超过11Gbps，同时支持百位主播超高清直播；在杭州国际博览中心的央视总

5G-A



台制播技术展示区，5G-A算网一体极简游牧式基站兼具万兆和自组网优势，极简架构灵活部署，实测上行速率超过2Gbps，下行速率超万兆，网络传输时延低于4ms，支撑了快速部署的超高清浅压缩、虚实同框视频制播；同时，5G-A万兆网络还支持数十路XR业务并发，从而将VR大空间应用的业务渲染从背包上移到云端，用户无需背包体验优化，更好地赋能智慧观赛、文旅、游戏等新行业。

千亿物联：高中低速全场景应联尽联

万物互联需要不同速率等级的物联技术，全场景、全类型的物联能力才能满足全行业的数智化转型需求。中国是全球首个“物超人”的国家，已经基本形成NB-IoT、4G和5G多网协同发展的格局。前期，5G模组、终端的高昂成本一定程度上制约了5G应用的大规模部署，5G-A引入轻量级的5G物联RedCap (reduced capability) 技术，

通过能力裁剪，实现终端降成本、降功耗，进一步夯实万物互联的网络基础。中兴通讯一直致力于推动RedCap的商用落地和应用加速，已携手运营商在多省份展开大规模部署。

确定能力：有界时延，确定能力助力5G深入核心生产域

5G赋能垂直行业数字化转型已经取得显著成绩，5G管理域应用进入规模复制关键期，下一步需要纵深发展，深入行业核心生产域。而确定能力是5G纵深发展深入生产域的首个挑战，中兴通讯提供4ms@99.999%低时延高可靠、μs级抖动的极致确定性能力，以及Gbps+大上行能力，并通过基站算力引擎NodeEngine、算网一体机UniEngine实现连接和算力的融合，从而打造全栈5G工业现场网方案，使能云化PLC等产线级应用的灵活部署，支撑5G深入行业核心生产流程，推动行业数智化转型和产业升级。当前，5G确定

能力已经在多场景得以验证，支撑钢铁、制造、汽车等多个行业客户构建5G工业现场网，赋能智能生产转型升级。

全域通感：通信感知融合服务，开启新商业

5G-A突破通信边界，实现感知能力生长，单站感知超1km，感知精度达亚米级。基于“通信+感知+算力”一体的全域新型基础设施和融合服务能力，5G-A正赋能车路协同和低空信息服务等数字社会新经济。

中兴通讯在通感一体的技术验证以及多场景赋能探索中持续领先：业界首家实现单AAU通感一体化，并开展业界首个5G-A通感一体组网验证测试，实现了从单点技术验证扩展到多站组网部署；针对车联场景，在珠海完成了业界首个5G通感算一体车联网架构阶段性技术验证，并成功实现全Uu口针对“鬼探头”实时预警，并在苏州打造业界首个5G超稳态网络，支持建设基于5G车路云一体化自动驾驶技术体验路线；针对低空场景，在深圳完成了业界首条“5G通感算控一体化”低空无人机航线验证，在杭州亚运村基于单AAU通感一体设备实现了低空无人机管控的应用验证。

空天地一体：星地融合，泛在连接

空天地一体化全覆盖是5G-A的重要目标。作为卫星通信领域的突破性演进技术，NTN（non-terrestrial network）将卫星的覆盖优势和移动通信标准融合，实现空天海地无处不在的连接，让智能手机和物联网终端可以直接连接卫星，支撑应急通信、广域物联等丰富应用，开启“消费级”卫星通信时代。

中兴通讯联合产业合作伙伴，展开了一系列技术试验和商业应用，先后完成国内首次5G NTN手机直连卫星外场验证、国内首次NR-NTN低轨

卫星宽带业务实验室验证、首个海域场景5G NTN测试，在海域和无人岛场景完成了海洋水质监测、无人岛温湿度监测、无人岛应急求救等多终端、多场景的实时业务验证，为5G NTN商用奠定了坚实基础。

泛在智能：全方位智能化，提质提效，融合创新

泛在智能在5G-A新阶段成为不可或缺的核心能力，支撑网络自智（运维提效）、绿色发展（智能节能）、业务智营（ToC流量激发、ToB确定性保障）。中兴通讯基于物理网络层、智能服务层和场景应用层的端到端智能架构实现无线网络的单域内生智能，并向上助力运营商和合作伙伴实现跨域的闭环、协同及编排，并结合意图驱动、大模型、数字孪生等先进技术，实现无线网络全生命周期和全场景业务的智能化管理和赋能。

中兴通讯在智能化上持续深耕和实践：业界首家推出基于基站内生智能的DeepEdge方案，可实现16000+种业务的精细识别和差异化的精准保障，带来用户感知和小区流量的双提升；业界首个基于数字孪生的高铁精准规划创新方案落地天津，通过更高精度的孪生建模支撑更加精准的可视网络规划，利用孪生预演寻优将工程优化工作前置在规划阶段导入，实现“即建设即开通即优化”；在乌镇互联网十周年峰会采用AI大模型保障助手进行现场保障，跟传统保障流程相比，保障效率提升5倍，是业界首个基于大模型面向无线网络业务场景的端到端创新产品实践。

作为5G到6G承上启下的关键阶段，5G-A将在现有5G成果的基础上，基于无缝万兆、千亿物联、确定能力、全域通感、空天地一体、泛在智能六大场景，持续提升能力，探索业务，拓展边界，助力5G实现二次腾飞，释放无限价值。同时，5G-A的六大场景也将平滑地衔接6G网络，为6G网络做好创新试验并打下坚实基础。

开创未来，毫米波

助力5G-A实现万兆无缝覆盖

在 当今信息社会的浪潮中，通信技术扮演着至关重要的角色。而在通信领域，毫米波技术的应用与发展，正逐渐展现出其巨大的潜力和价值。从全球应用规模来看，毫米波产业链日趋成熟，并已形成了完整的生态系统，进入快速发展阶段。截至2023年6月，超过50个国家和区域的170多家运营商在毫米波上进行了投资，其中近20个国家商用了近30张毫米波网络，其中以26G和28G毫米波网络为主流，毫米波商用终端已近200款。

面向万兆无缝体验，毫米波价值凸显

毫米波具有高速度、大容量、低延迟及与生

俱来的频率分辨率特性，极大地提升了用户体验，在通信、传输和感知等场景中具有独特应用价值和卓越性能，为自动驾驶、智能交通等领域提供了更为精准和可靠的解决方案，从而备受关注。

相比Sub6G的频谱，毫米波的频谱资源非常充裕，可用频谱带宽更大，可提供比以往任何移动通信标准更高的数据传输速度和容量，峰值速率可达30Gbps。这意味着用户能够更快地下载和上传数据，观看高清和超高清视频，进行虚拟现实和增强现实体验，以及享受更快速的互联网连接，特别是热点地区，毫米波网络更易吸纳用户，提升网络容量和资源利用率。

伴随着新应用的探索与拓展，毫米波的价值



魏涛
中兴通讯无线产品方案经理



也逐步在新领域凸显。得益于频谱特性，毫米波频段对物体感知精度有着天然优势，在城市空中交通UAM (urban air mobility) 领域可以实现轨迹识别、闯入监测等低空精准感知应用，还支持飞行控制和视频回传等伴随业务，可助力智慧低空，通感算控一体拓宽网络服务边界。

毫米波的诸多优势将为5G网络的普及和发展带来巨大机遇，是满足5G-A万兆体验的必然选择。

中兴通讯毫米波方案助力5G-A万兆无线迈向商用

依托多年研发经验积累，中兴通讯可提供端到端的毫米波综合解决方案（见图1），特别是在宏站产品设计和小站产品创新架构领域处于业界领先水平。

中兴通讯新一代毫米波宏站产品A9835支持1600MHz工作带宽，业界第一，最高支持28Gbps峰值速率，可实现无缝万兆体验，向话务热点区域、企业和家庭用户提供超高容量无线接入，助力5G-A快速走向商用。该产品还可劈裂为两个4T4R小区，在同一个站点上开拓更多应用场景，如在向家庭用户提供FWA接入的同时，还可以作为其他频段的无线回传链路。

5G网络的业务边界从通信扩展到感知是帮助5G网络价值变现的重要创新技术之一，使得5G

基站可以作为低空经济的数字基础设施。A9835支持通信感知一体化，支持千米感知距离，亚米级感知精度，在低空安防、车路协同领域有广阔应用前景。

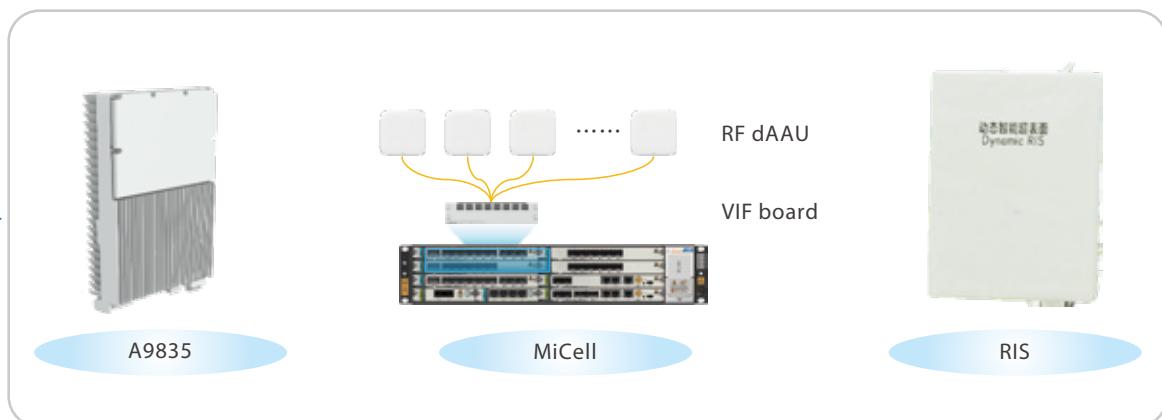
中兴通讯创新型中频池化小站解决方案MiCell则适用于室内外场景，通过中频池化技术大幅降低头端设计复杂度，实现轻量化头端设计，单头端体积仅2升，重量仅2kg。头端可实现一站式部署，最大支持16个头端；单头端峰值可达下行6Gbps，上行4Gbps，性能卓越，高质量满足热点及ToB工业场景应用。

基于强力研发投入，中兴通讯在毫米波相关产品的算法和功能上持续突破，引领行业。A9835与MiCell在动态帧结构、智能波束管理和智能节电管理等方面性能突出，基于核心算法与硬件结合支持业界独有的单宏站收发感知。在RIS (reconfigurable intelligent surface) 领域，中兴通讯第一个支持动态RIS。动态RIS使用动态波束赋型，可使RIS设备在覆盖区域中移动中连接到最强的链路信号链路，并自动跟随设备，从而极大地扩大基站的覆盖范围并保持最佳用户体验。

场景丰富，毫米波助力5G-A实现更广阔市场

毫米波的应用场景丰富，中兴通讯经过多年

图1 中兴通讯毫米波综合解决方案▶



探索，在大回传、热点、行业、新业务和FWA等多类场景基于完善的宏站与小站解决方案进行了深入实践。

大回传场景

部分传统覆盖场景，有线方式部署困难甚至完全不可达，如远端海岛或偏远郊区，或特定区域短时间成为流量高地需要紧急扩容，因用户终端多为低频终端，需通过传统低频多载波配置进行容量和覆盖扩展，毫米波依托大带宽及优于微波的轻量化部署优势，成为无线回传的最优选择。中兴通讯在泰国某运营商现网基于毫米波大容量回传实现了最高5万+用户的音乐节高密度容量承载，性能优异。

同时中兴通讯创新性地在隧道和沿河等线状覆盖场景提出基于毫米波的大回传方案。以中国某市地铁项目为例，传统方式地铁隧道部署采用漏缆方式，工期长、投资大，网络性能也差强人意，并且无法服务车载地铁本地业务单元，通过毫米波回传方案结合中兴通讯小站上车部署，项目工期缩短50%，投资降低20%，性能提升280%，并可服务车载本地业务，实现ToC&ToB业务一站式部署。

高热场景

直播汇聚点、演唱会和大型体育赛事场馆等是视频直播需求的高热场景，同时伴有常规下行业务，既有单用户速率需求，也有大容量业务承载需求。以某地渔业市场直播带货业务为例，上行单路直播速率需求超过10Mbps，基于动态帧结构的毫米波的功能应用可以基于上下行流量变化需求稳定支持数百路商户直播线路，有力支持新商业模式。

行业场景

行业用户需求多样，对通信能力要求更高，毫米波兼具大带宽和低时延的特性可以满足部分对时延、带宽都有较高要求的业务。如某电视台

希望实现超高清视频的直播，中兴通讯通过毫米波替代传统有线传输方式，结合浅压缩视频模式（1:8），系统端到端时延小于100ms，上行实现最大2Gbps的实时传输速率，实现了异地主持人在高清直播画面中同框的效果。

新业务场景

城市低空经济前景广阔，据估算2040年前可达万亿美元市场规模。在低空大上行通道和高精度感知领域，毫米波也将在其中扮演重要角色，满足视频回传、飞行控制、作业控制、轨迹感知和闯入检测等低空稳态通信和精准感知需求。

2023年10月，中兴通讯完成了业界首个5G-A通感一体组网验证测试，实现从单点技术验证扩展到多站区域组网应用，为低空安全保障探索和通信网络能力延伸迈出关键一步。

固定无线宽带

毫米波频谱投入小、带宽大、速率高，拥有类光纤的速率体验，并且业务开通快，在固定无线宽带业务（FWA）领域对用户的吸引力相比LTE和Sub6G优势明显，并且伴随着体验的提升，套餐定价亦更灵活。中兴通讯携手某欧洲运营商，在2020年即商用了毫米波FWA业务，为当地人民提供便捷的宽带服务的同时，运营商也实现了较好的商业回报。

中兴通讯可提供领先的毫米波解决方案，在宏微产品、通信感知、动态RIS和综合软实力方面业界领先，已为毫米波规模商用做好充足准备。

展望未来，毫米波技术显现出蓬勃的发展态势，为全球经济和科技领域注入新的活力。在科技不断演进的时代，毫米波技术的发展将不仅仅是技术革新，更是社会变革的催化剂。我们共同期待毫米波技术在未来的发展中，为全球科技创新和经济增长开辟更为广阔的天地，为构建更加智能、便捷、高效的未来社会贡献力量。**ZTE中兴**

5G NTN：星地融合通信新方向



马文彬
中兴通讯无线产品方案
经理



郝瑞晶
中兴通讯无线产品规划
总工

在信息时代的浪潮中，全球通信网络的空天地一体化发展已成为推动社会进步的关键力量。当前，地面网络的部署取得了显著成就，但广阔的海域和偏远陆地仍面临网络无法覆盖的现实，地球上仍有相当比例的地区处于信息孤岛的状态。中兴通讯凭借深厚的技术积累，推出基于3GPP标准的5G NTN (non-terrestrial network) 解决方案，不仅在技术上实现创新突破，更在推动全球范围内实现无缝网络连接方面展现出前所未有的潜力。本文将深入探讨中兴通讯5G NTN方案的构想、实施与前景，揭示其如何成为未来星地融合通信网络发展的新方向。

卫星通信助力全域覆盖：需求紧迫， 仍有挑战

网络的缺失阻碍了偏远地区的发展，海上作业区域无覆盖制约了海洋经济的进一步发展。如何在这些没有地面网络覆盖的区域实现信息交流和应急通信，成为摆在全球通信业面前的一大挑战。

卫星通信成为解决这一挑战的重要手段。卫星通信技术在全球范围内的广泛部署，正逐步显露其在通信领域中不可或缺的战略地位。众多领军企业正以卫星通信为突破口，开拓多元化技术路径，致力于克服广袤无垠的天际线之下的网络覆盖难题。在这一技术竞逐中，SpaceX的星链计划已有超过5000个在轨卫星编队，用户数规模突破200万；同时，美国卫星通信公司AST SpaceMobile与全球多家运营商联手，共谋发展蓝图；而欧洲卫

星运营商OneWeb已完成星座一代的部署工作，宣称将在2024年开始全球卫星网络运营。但当前各类卫星通信方式尚存诸多不足。传统卫星通话，例如专用卫星电话，尽管信号稳定、适应环境能力强，但却需依赖体积庞大的专用终端设备，并且通信成本高昂。以星链为代表的卫星宽带数据服务，虽技术上有所突破，但其终端设备价格和服务资费仍较高，限制了其普及程度。

中兴通讯5G NTN，实现空天地一体化 泛在连接

中兴通讯提出了具有独特性的、符合3GPP标准的5G NTN解决方案。通过这一战略性技术突破，不仅为用户带来了通信的便捷，也为行业开辟了经济增长的新径。

该方案在第一阶段利用成熟的高轨卫星。这些高轨卫星能够高效地覆盖广阔区域，大大减少对卫星数量的需求，在节约资源的同时为偏远地区敞开通信的大门，为海上航行描绘安全的航线，也为全球环境保护贡献力量。该解决方案符合3GPP标准，确保其能够用最小的资源完成应急通信和物联网业务，标志着电信发展的多功能性和前瞻性。

随着技术的进一步发展，尤其是低地球轨道卫星的崛起，中兴通讯的可再生网络架构将支持基站上星，构建星间链路，开启现有5G终端无需任何改造即可实现直连卫星的新纪元。这一策略将带来显著的规模经济效益，快速降低卫星连接成本，为大规模商业应用提供了无限可能。

● 终端普惠，业务丰富

与其他卫星通信方式相比，基于3GPP标准的5G NTN解决方案在终端普及性、行业融合性、业务丰富性等方面具有优势，这使其处于星地一体化技术的前沿。目前，5G NTN以IoT-NTN短报文和物联网服务领先，终端卫星芯片相比传统卫星架构价格下降10倍，极大程度扩展了终端普及性（利用图1的网络架构）；未来将支持5G手机的NR-NTN语音和宽带数据服务（利用图2的网络架构）。5G NTN非常适合构建B2B综合网络与B2C应急通信网络，其商业模式具有明显的竞争优势。

● 用户至上，体验升级

中兴通讯5G NTN解决方案以用户体验为核心之一，致力于通过先进的3GPP标准技术，为智能通信开辟全新的天际之路。在这项技术的引领下，符合5G标准的智能手机将能够轻松实现从地面到卫星的无缝切换，为那些身处世界最偏远角落的人们带来前所未有的通信体验。

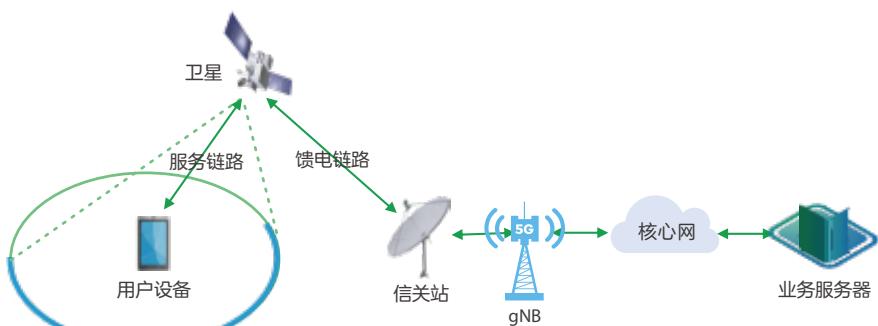
对于不同行业的专业用户来说，这一解决方案更是提供了强大而可靠，且成本效益极高的通信保障，成为海上、物流和应急管理等关键领域高效运营的坚实后盾。

● 安全可靠，信任卓越

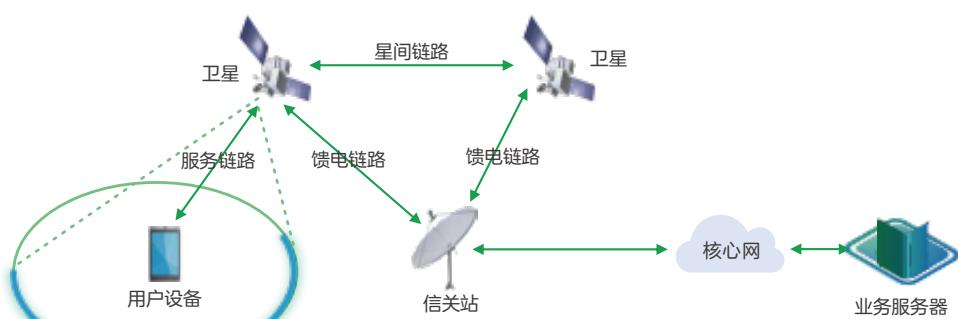
在无线通信领域，安全性和可靠性是不容忽略的重要因素。在自然灾害、远程勘探、海上紧急等关键时刻，系统可靠性尤为关键。中兴通讯NTN解决方案建立在先进的加密和强大的通信协议的基础上，该系统的弹性和可靠性经过精心设计，即使在充满挑战的环境条件下也能保证一致的性能。

中兴通讯NTN技术发展迅速

自5G NTN技术标准确立以来，中兴通讯在全球范围内展开了一系列技术试验和商业应用。



◀图1 中兴通讯5G NTN方案网络架构
(透明载荷模式)



◀图2 中兴通讯5G NTN方案网络架构
(可再生载荷模式)

对于那些长期因缺乏可靠网络而孤立的地区而言，NTN为其带来了教育、医疗、电子商务及远程工作等多重机遇，成为改变这些地区经济格局的关键力量。

2023年5月，联合中国移动和OPPO，成功完成国内首款5G NTN卫星通信的5G手机测试验证。可实现上行网络容量2倍提升，同时上行速率提升20%，下行速率提升100%；通过定制化上行预调度方案，可实现每条消息通信时延降低0.5秒；整体性能符合预期，为超越传统通信边界的未来迈出了重要的一步。

同年5月，中兴通讯携手中国电信和VIVO，完成国内首次5G NTN手机直连卫星外场验证。本次验证使用我国自主研制发射的通信卫星及国产地面卫星移动通信系统，无线网络使用具备NTN功能的中兴通讯5G基站，突破了地球同步轨道卫星通信的频率同步、时间同步等关键技术难题，验证了5G NTN技术的实用性和可靠性，为手机直连卫星技术的商业应用奠定了坚实基础。

2023年9月，中兴通讯与中国移动的合作再次取得重大成就，成功完成国内首次运营商NR-NTN低轨卫星宽带业务实验室验证。这一验证的成功不仅是技术实力的展示，更预示着5G NR-NTN技术在未来的广阔应用前景。

同年9月，中兴通讯与中国电信共同开展海域场景5G NTN测试，本次测试在海域和无人岛场景实现了在轨交互和业务数据传输，完成了海洋水质监测、无人岛温湿度监测、无人岛应急求救等多终端、多场景的实时业务验证，测试效果良好，展现了在复杂环境下5G NTN技术的高效性和可靠性。

10月，中兴通讯与中国联通合作，完成了首个基于3GPP NR-NTN低轨卫星的语音和可视电话

实验室验证，为天地一体融合网络应用部署奠定了基础。

这一系列的验证和试验不仅是技术革新的见证，更是中兴通讯在全球5G NTN技术领域领航者角色的体现。随着这些技术的不断成熟和应用，未来的通信将更加无界，信息交流将更加畅通，中兴通讯正引领着这一创新和变革的浪潮。

中兴通讯的NTN解决方案以其在各种应用场景中的成功实践展现出其深远的影响力。这些部署涵盖了海上作业的加强、偏远地区的连接，以及可靠的应急响应体系的建立，彰显了该解决方案在连接受限区域时所提供的高效和优质通信服务。对于那些长期因缺乏可靠网络而孤立的地区而言，NTN为其带来了教育、医疗、电子商务及远程工作等多重机遇，成为改变这些地区经济格局的关键力量。中兴通讯通过提供稳定且高品质的连接，正助力打破这些偏远地区发展的束缚。

中兴通讯的NTN解决方案在满足当下全球互联需求的同时，未来，随着更多的低地球轨道（LEO）卫星投入使用，5G NTN方案将能提供更加广泛的网络覆盖和更加丰富的业务类型，满足全球用户日益增长的通信需求。此外，随着规模经济效应的体现，卫星连接成本有望进一步下降，这将为5G NTN技术带来更广阔的商业应用前景和市场空间。同时，这也是电信行业未来发展和6G演进的重要方向。中兴通讯正站在这一转型的前沿，推动创新，实现更加无缝、迅速、普适的连接。**ZTE中兴**

5G RedCap蓄势待发， 助力5G应用更大规模发展

作 为经济社会数字化、智能化转型的关键基础设施，5G商用4年来，已广泛融入千行百业。当前步入5G应用规模化发展的关键时期，但5G模组、终端的高昂成本为5G应用大规模部署带来了挑战。5G RedCap (reduced capability) 应运而生。RedCap也可称为轻量化5G，通过裁剪部分终端能力，获得成本降低、功耗减少、尺寸极致等优势。RedCap在继承5G大带宽、低时延、切片等代际

能力，充分满足应用场景需求的同时，以其特有优势，助力运营商进一步加速5G应用复制，推动5G更大规模应用，使能中高速物联网场景，助力万物智联。

我国工业和信息化部于2023年10月正式公布《关于推进5G轻量化（RedCap）技术演进和应用创新发展的通知》，提出到2025年，芯片、模组、终端成本持续下降，RedCap连接数实现千万级，打造5个以上实现百万连接的5G RedCap应用



曹妮
中兴通讯RAN产品方案经理



领域。据咨询机构Counterpoint预测，至2030年，5G RedCap模组发货量将占据蜂窝物联网模组总发货量的18%。从长期演进的角度看，5G RedCap也将成为当前4G物联网连接的主要演进技术，未来发展空间广阔。当前，5G RedCap典型应用主要包括工业无线传感、视频监控、可穿戴设备等，广泛分布于智能制造、智慧电网、智慧城市等多个行业场景中，RedCap将助力这些行业加快数字化转型步伐。

中兴通讯“基础+增强+叠加”高完整度RedCap解决方案

面对5G RedCap应用场景多且杂的特点，中兴通讯推出了“基础+增强+叠加”高完整度RedCap解决方案，如图1所示，可支持RedCap分阶段分场景平滑导入，助力RedCap从“能用”到“好用”。

基础功能保障RedCap平滑接入5G现网

5G RedCap终端作为新类型5G终端接入网络时，系统将对其进行接入控制与用户识别，并对其进行灵活的BWP (bandwidth part) 带宽策略调

整及移动性管理等，最终保障RedCap终端可高效接入并适应5G现网。

RedCap增强功能实现网络资源的最大化利用

RedCap融入5G现网，需考虑与原有网络及终端的兼容共存。中兴通讯考虑从容量、覆盖、节能等方面进行增强。容量增强方面，面向并发大容量场景，如高清视频监控场景下的上行并发视频回传，考虑通过自适应BWP激活与关断、不对齐空分等功能，实现系统频谱效率最大化，同时提升用户体验。覆盖增强方面，由于RedCap终端能力削减，相较原有eMBB终端，其边缘速率会受到影响。中兴通讯支持业务信道重复传输等多项上行覆盖增强功能，可提升RedCap终端上行覆盖能力，使其在网络边缘处亦可满足业务速率需求，最大化利用当前网络规划结果，减少网络变动频次。节能增强方面，考虑RedCap典型应用场景中的业务特点，如可穿戴设备的多次、小包业务上报，中兴通讯支持基于RedCap小包业务传输，从而减少信令开销，延长终端续航时间。

叠加功能助力RedCap深度融合差异化场景需求

RedCap最终需要落地至千行百业之中，而

图1 中兴通讯“基础+增强+叠加”高完整度RedCap解决方案





中兴通讯携手中国移动，已率先吹响RedCap商用号角，开启全国多个主要城市的RedCap商用网络升级计划，当前已完成广州、深圳、佛山、南京等多个城市的RedCap部署，规模已超万站，进一步推动了经济社会数字化、智能化转型进程。

不同行业有其特有需求，需要差异化网络能力匹配。中兴通讯面向不同行业，支持RedCap网络能力定制。面向电力行业，存在控制类业务与管理类业务隔离的需求，RedCap叠加切片，可更好地满足场景需求。RedCap叠加高精度授时将更好地满足差动保护等电力行业的控制类业务。RedCap叠加NodeEngine，可提供基于基站的边缘算力，支撑AI视频监控场景的实现。RedCap叠加低时延高可靠，可充分使能工业领域例如智能工厂中的远程控制类业务。面向可穿戴设备，RedCap叠加VoNR可满足高清视频通话等基本需求。

中兴通讯RedCap验证与应用

中兴通讯积极参与RedCap技术验证、推动产业链成熟及行业试点部署等工作，与产业界同仁一起，推动RedCap商用落地。

在中国，中兴通讯携手四大运营商完成了5G全频段多场景下的5G RedCap验证，从实验室技术验证到商用连片组网下的性能验证，充分证明了RedCap技术在5G商用网络下的可用性，为5G商用奠定坚实基础。在泰国，中兴通讯携手AIS完成东南亚首个2.6G RedCap验证，用户峰值体验速率接近理论峰值，并共同完成与业界唯一的NodeEngine验证，测得端到端时延可低至10ms。

产业链对接方面，中兴通讯已与高通、MTK、紫光展锐等主流芯片平台及移远、中移物

联等主流模组厂商完成RedCap端网对接验证，验证基于商用网络及预商用芯片、模组完成，充分证明了5G商用网络与RedCap终端的兼容性，推动了RedCap产业链的进一步成熟。

行业试点方面，中兴通讯携手佛山移动、邦普循环等产业伙伴，已完成RedCap在5G智能制造工厂中的验证，证明了采用成本功耗降低的RedCap终端，仍可满足制造场景中典型业务的应用标准。此外，中兴通讯在电力行业、安防行业均完成了相应RedCap试点验证，电力行业中的配电自动化三遥场景以及园区高清视频安防场景均已验证，充分证明RedCap可以作为5G应用规模化中的更优选择。

商用部署方面，中兴通讯携手中国移动，已率先吹响RedCap商用号角，开启全国多个主要城市的RedCap商用网络升级计划，当前已完成广州、深圳、佛山、南京等多个城市的RedCap部署，规模已超万站，进一步推动了经济社会数字化、智能化转型进程。

作为高性价比的物联网解决方案，5G RedCap为物联网大规模发展提供了一种更优选择，有望支持千行百业数字化转型。中兴通讯一直致力于推动RedCap的商用落地和应用加速。未来，中兴通讯将携手更多行业伙伴，深化5G RedCap创新，探索更多5G RedCap应用场景，提供更便捷、高效的通信体验，为个人、行业和社会创造更多价值。

中兴通讯通感一体方案

助力低空经济腾飞



海振坤
中兴通讯无线产品方案经理



赵志勇
中兴通讯无线产品规划总工

低 空空域通常是指距地平面垂直距离在1000m以内的空域，根据不同地区特点和实际需要可延伸至3000m以内的空域。过去，低空空域无法用常规手段进行标记、丈量和规划，依托于感知、通信、定位、数字和智能技术的迅速发展，低空空域现在可以数字化成可计算空域。在可计算空域的框架下，智能机器可以快速地对庞杂的数据进行处理，让规模化的低空活动成为可能，进而创造巨大的低空经济价值，低空空域逐步从自然资源转变为经济资源。

前景广阔的低空经济

低空空域的开发拓展，在大幅减轻地面交通压力的同时，更创造了一个新的万亿级产业空间，蕴含广阔的应用前景。低空经济是以低空空域为依托，以包括各种直升机、固定翼飞行器、载人电动垂直起降（eVTOL）、工业无人机、消费无人机、城市治理无人机等有人驾驶和无人驾驶飞行器的低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态，广泛体现于以城市空中交通、无人机配送与物流、城市无人机应用、消费级无人机应用、工业级无人机应用等行业为主体的各类产业形态之中，在促进经济发展、加强社会保障、服务国防事业等方面发挥着日益重要的作用。低空经济的蓬勃发展，有望带动比拟甚至超过传统交通行业规模的各种创新应用，打造一个包括低空制造、低空运营、低空保

障和综合服务等更大规模的新的低空产业生态，创造工作生活新范式。

在市场和政策的双轮驱动下，我国低空经济得到快速发展，特别是民用无人机产业发展迅猛，并处于全球领先地位，无人机销量占据全球70%的市场份额。2022年中国民用无人机市场规模达1196亿元，预计2023年规模将增至1650亿元。据专家预测，到“十四五”末，我国低空经济对国民经济的综合贡献值将达到3万亿~5万亿元。低空经济无疑将成为中国乃至全球新的经济增长机会。

中兴通讯通感一体化方案，为低空飞行提供精准可靠的服务

低空经济前景广阔，但也存在着由于低空通信、感知、导航等保障能力不足导致的难以实现有效管控和服务的问题。

- 针对低空通信，由于低空飞行器智能化水平的提高，需要更高带宽对更广泛的飞行数据提供支持。
- 针对低空感知，在城市环境中由于建筑物的遮挡，卫星导航（如北斗、GPS）信号质量不稳定，传统地面雷达部署成本高，并且不具备组网的能力，需要利用通信基站或其他辅助设施来提高感知定位的精度。
- 针对低空导航，低空活动高频次、高密度的飞行特点要求更加数字化、精细化的飞行器导航模式，这既需要通信设施的支持，也需

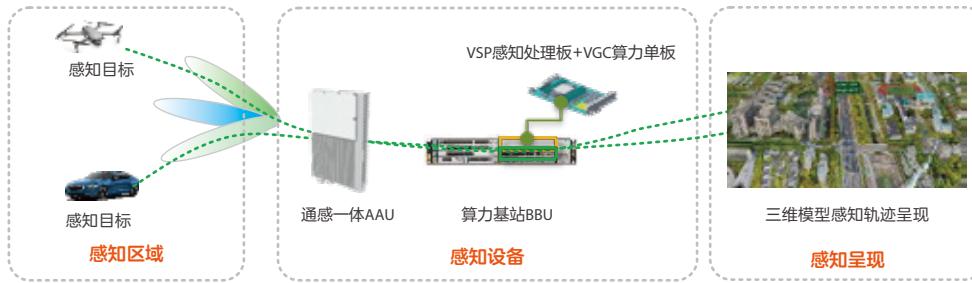


图1 中兴通讯通感一体方案

要探索利用如计算机视觉等新的技术手段作为定位导航的新模式。

中兴通讯通感一体化方案（见图1）将5G网络的业务边界从通信扩展到感知，使得5G基站可以作为低空经济的数字基础设施，为低空经济提供实时宽带通信、精准感知定位、感知数据计算等能力。

首先，中兴通讯通过采用大规模天线阵列等技术实现对低空区域的网络覆盖，利用基站可组网的特性为低空提供稳定、连续、高速可靠的无缝覆盖通信网络。

其次，中兴通讯业界首家实现单AAU自发自收感知技术。相比多站感知，单站感知能更加灵活地实现基站组网。在工作模式上感知信号和通信信号时分发送；通过提升发射功率和天线增益来提升通感一体设备的感知距离；通过采用5G大带宽和提升天线收发隔离度来提高通感一体设备的感知精度。通感一体的引入使得5G基站能感知到低空无人机的位置、速度、轨迹等，从而使得5G网络在提供低空通信的基础上，具备定位、导航、轨迹监测等能力。

此外，通过业界独有的NodeEngine算力基站提供的算力，可实现感知数据计算，包括感知计算、目标识别、轨迹预测、监测控制和视频处理等，并且通过能力开放，可将感知数据共享给低空管理平台。

最终中兴通讯通感一体化方案能为低空飞行提供更精准、更可靠的服务，满足低空应用的CNS（通信、导航、感知）需求。中兴通讯通感一体化方案一网多能，成为连接物理世界和数字世界的桥梁；一数多用，将获取的数据通过不同算力建模进行数据加工，提供给不同客户；价值

变现，为其他行业提供增值业务能力，全面推进数字化进程。

验证与应用

中兴通讯在通感一体的研究与应用道路上不断探索。

2023年5月，中兴通讯联合产业合作伙伴在深圳完成了业界首条“5G通感算控一体化”低空无人机航线验证。该验证采用业界首个支持自发自收的通感一体原型机，能探测到面积小至 0.01m^2 的无人机，实现亚米级的感知精度和超过1km的感知距离，并达到超过99%的检测准确度。

2023年9月，在杭州举办的第19届亚运会期间，为了解决低空管控问题，中兴通讯在亚运村开展了单AAU通感一体化设备实现低空无人机管控的应用验证。通感一体设备可以实时感知无人机飞行轨迹，实现无人机靠近警戒区域报警等功能，极大保障了亚运低空安全。

2023年10月，中兴通讯完成了业界首个5G-A通感一体组网验证测试，实现了从单点技术验证扩展到多站区域组网应用，为低空安全保障探索和通信网络能力延伸迈出关键一步。

作为连接物理世界和数字世界的桥梁，5G-A致力于深度融合通信技术与行业发展，促进5G垂直行业应用落地，助力数字经济走深向实。未来，中兴通讯将继续联合产业伙伴，探索通信+感知的潜在能力，进行系统实验，构建端到端能力，持续推动5G-Advanced多种技术强融合的体验及相关产业链成熟，为社会发展和行业升级创造无限可能。

数字孪生助力

5G-A新业务新场景拓展



周冲
中兴通讯RAN产品方案
经理

数

字孪生是物理系统的数字复本，可通过虚实交互并结合数据、模型和分析来模拟和预测物理系统的功能与性能。自2002年数字孪生的概念被首次提出以来，该技术已经在多个行业成功应用。近年来，基于数字孪生技术的数字孪生网络作为实现5G-A内生智能、网络自智和敏捷演进的重要支撑，在业界得到了广泛研究和应用探索。

为什么5G-A需要数字孪生

随着5G产业的蓬勃发展，不断涌现的新业务、新场景牵引着网络持续演进。5G-A作为5G到6G承上启下的关键阶段，正在由愿景走向现实。然而，不断引入的新技术和新终端也使网络日趋复杂，面临着管理维护难、规建维优效率低、新业务开通周期长等挑战。

在复杂的网络环境中，不同业务和终端对网络的需求差异极大，我们缺乏有效的方法对网络服务能力、运行情况进行全面评估，难以对网络、终端和业务进行多维度的问题定界并快速响应，大量的人工介入使网络运维成本居高不下，且难以适应快速变化的用户需求。并且，为了最大限度规避风险，确保商用网络的稳定运行，减少对用户体验的负面影响，绝大多数运营商对于网络中的任何参数变动都是谨慎的，通常不允许新技术、新应用在商用网络中直接部署和迭代优化，导致创新试错成本高，新技术、新应用的上市周期长。

基于数字孪生技术，我们可以采集网络中的全量数据并进行精准建模，将物理网络中的基站、核心网、终端等网元一比一地映射为虚拟空间的“数字克隆体”，高保真地复现无线信号的传播环境并模拟不同用户进行多种业务，真实反映物理网络的实时运行状态。ITU-T《数字孪生网络-需求与架构》中展示的数字孪生参考架构如图1所示。

数字孪生网络可以用作物理网络的模拟测试空间，在这里可以构建多种应用场景模型，按需进行性能验证和迭代优化，并将最终结果同步到物理网络中生效执行，且不会对物理网络造成不可控的风险。数字孪生还可以为物理网络的内生智能提供安全的训练和学习环境。因此，数字孪生网络可以辅助我们进行智能化运维管理决策、规建维优方案寻优、用户体验精准保障、新业务预演评估以及新技术探索。

此外，数字孪生还可以和云计算相结合，采用服务的方式交付，将数据、模型和微服务向用户开放。多个用户可以基于开放接口并行调用预置的数字孪生服务，或者通过低代码开发的形式将数字孪生能力集成到自身的系统中，按需定制各种应用。

数字孪生应用场景

数字孪生网络的应用范围十分广泛，下面介绍一些中兴通讯重点投入并已经过验证的典型应

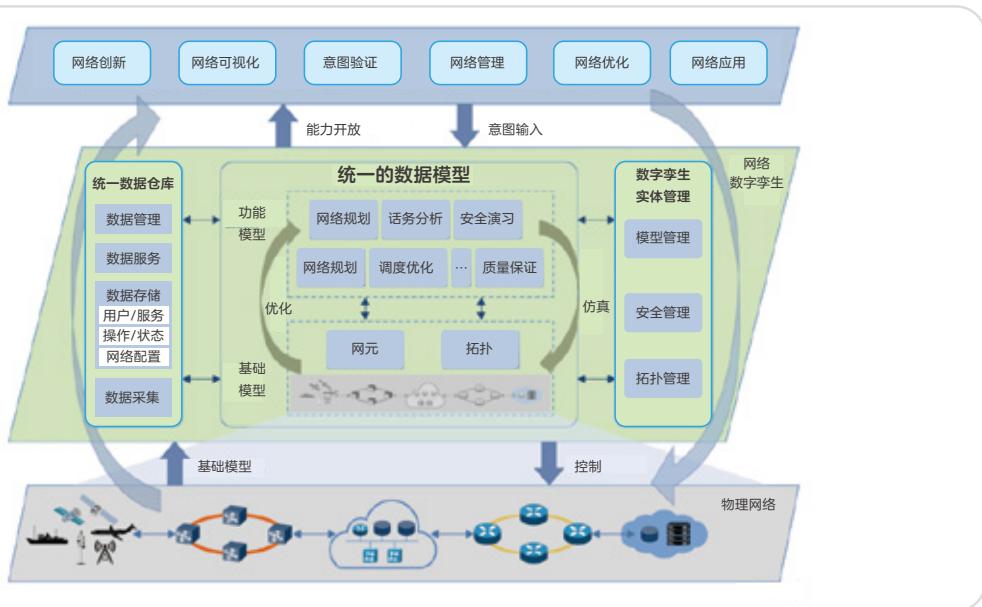


图1 数字孪生网络参考架构

用场景。

● 复杂网络运维

数字孪生网络可以结合标准化的数据采集、大数据处理和人工智能建模，帮助运营商精确掌握网络运行状态并实时监测网络健康状况。通过对已有故障的诊断和未来趋势的预测，数字孪生可以提供深入的分析结果并模拟各种可能的情况，为网络运维提供更全面的决策支持。这将有助于网络运维从当前的预防性维护向预测性维护转变，实现网络运维的高度自智。

● 网规网优提效

由于网络的复杂度越高越高，传统的网络规划方式不但效率低，且实际部署后往往还需要反复优化，难以快速响应客户需求和环境变化。采用数字孪生网络，可基于真实环境孪生和业务模拟实现精准可视的网络规划，且规划结果可由孪生系统进行自动化迭代寻优，从而将优化工作前置在规划阶段完成，实现“即建设即开通即优化”的高质量建网。经过在天津京滨唐高铁验证，相比传统网规方案，基于数字孪生精准可视网规提供的建网策略可以使得高铁线路上的质差路段减少约70%。

● 新业务开通预演

数字孪生可以支撑运营商高效评估5G-A新业务给网络带来的性能压力，为网络扩容以及时延降低等性能保障方案的制定提供依据。比如，XR作为元宇宙的入口，对网络的要求极高，在线XR

游戏等业务需要百兆带宽以及20毫秒的低时延，这在商用场景中存在极大挑战，如何保障多用户并发下的体验是现网亟待解决的问题。基于数字孪生网络，可在不影响现网用户体验的前提下预演现网对XR业务的支持能力，为后续的XR业务体验保障策略制定提供依据。

● 新技术研究提效

由于风险较高，新技术探索创新通常无法使用真实的网络环境。相比传统的离线仿真，数字孪生网络可以提供和真实网络网元一致、参数一致、拓扑一致、应用一致、用户行为一致的实验平台，高效进行新技术的研究验证。比如，智能超表面（RIS）作为5G-A及6G的关键技术，可高效实现网络的覆盖扩展和容量增强，对未来毫米波等高频段的商用部署作用重大。数字孪生系统可以基于庞大的现网数据集为RIS提供多种场景的虚拟验证环境，极大简化RIS的组网性能研究，推动RIS技术商用落地。

鉴于数字孪生在5G-A网络中的重要作用，多个标准组织、运营商、设备商都在积极推动数字孪生网络的标准化。目前中兴通讯已推出了端到端的数字孪生平台，并在多种场景的技术试点中取得了丰硕成果。

放眼未来，数字孪生是支撑6G无线通信和人工智能融合的关键技术，将在未来网络演进中发挥重要作用。**ZTE中兴**

RAN Composer助力5G-A

打造泛在智能，释放5G新价值



郑玲霞

中兴通讯无线产品规划总监



顾军

中兴通讯RAN产品研发规划总工

5 G产业发展速度前所未有，以5G为代表的新一代信息技术正加速融入经济社会各领域各环节，成为引领产业智能化、绿色化、融合化转型升级的重要引擎。面向5G发展新阶段，如何进一步发挥5G网络赋能作用，以新能力牵引产业创新发展，深度释放5G-Advanced价值成为运营商的关注点。

面向5G-Advanced新阶段，中兴通讯基于无缝万兆、千亿物联、确定能力、全域通感、空天地一体、泛在智能六大场景拓展和技术能力演进，兑现5G-Advanced三大领域价值，即：ToC迈向数智生活，连接虚实世界；ToB构建数智行业，深入生产域；ToX夯实数智社会，拓展车联低空卫星新经济，从而激发5G潜能，创造无限价值。

欲筑室者，先治其基。作为5G-Advanced的六大场景之一，泛在智能场景可基于业界首个基于内生智能的RAN智能化方案RAN Composer实现。RAN Composer方案通过AI底座赋能多维智能化应用，是兑现ToC、ToB和ToX三大领域价值的坚实底座，为无线网络面向5G-Advanced演进提供有力保障。RAN Composer将AI从网管拓展到基站，通过对网络资源管理方式的变革实现以用户为中心的策略和智能内生的用户感知，基于网络资源、业务需求和终端能力的精准匹配，实现离用

户最近、效率最高、传输最省的架构，实现更优体验、更高能效和更优维效。

基于智算单板，构建通算融合新型基础设施

数据的爆炸式增长和人工智能的广泛应用，对计算能力提出了更高的要求。RAN Composer通过内置智算单板实现通信与计算的融合，构建通算融合新型基础设施。RAN Composer充分挖掘无线网络内生算力来满足差异化场景的通算融合需求，包括无线网络内算力共享和算力入网，为无线网络带来异构的算力支撑，实现通算协同、通算融合到通算共生的演进。面向ToC领域，可满足XR本地业务渲染等极低时延和大带宽的计算需求；面向ToB和ToX领域，可通过更低综合成本来满足工业视觉AI检测、无人机反制、车联网智能碰撞预测等应用的灵活敏捷部署需求。

智能业务识别和高价值套餐转化，助力网络流量激发

当前，视频流量占互联网流量的70%以上，如何提升用户感知并激发网络流量成为5G网络变现的重要关注点。RAN Composer利用深度学习



基于内生智能架构，中兴通讯RAN Composer已孵化众多场景应用，包括基于用户编排的体验保障、基于网络编排的网络效率提升、基于双层智能的节能和端到端智能运维等，已在全球30多个网络、150万站点进行了商用部署。

等AI技术，对加密视频的业务模式进行深入分析，并对抖音等视频应用的流畅及卡顿体验场景进行精确复现。基于端到端感知评估，RAN Composer提供视频业务质量的详细分析，运营商可根据自身网络实际情况选择不同的维度进行指标统计，并制定相应的保障策略来灵活满足不同客户群体的用户体验。RAN Composer已在中国移动、中国联通、中国电信多个省市完成了商用验证。业务感知方面，视频下载速率提升28%，视频卡顿率降低11%；网络流量方面，视频体验改善比例99%，网络流量提升10%。

此外，运营商也开始探索针对直播、游戏等定制套餐实现确定性体验保障，如中国移动、德国电信和泰国AIS等。无线侧基于内生智能可在高干扰、拥塞场景更智能更精细地进行站内、站间的资源分配，在有限资源内精准匹配用户体验需求，促进高价值套餐的转化。

通信AI大模型探索，实现网络效率跃迁

在AI大模型领域，中兴通讯利用多年积累的通信级行业语料，结合知识图谱、私域信息嵌入和能力调用进行电信基础大模型的应用推广。RAN Composer通过大模型与传统AI模型的有机交互，助力运营商在通信网络规建维优领域以及智能营销、智能客服等业务运营领域实现能力和效率的跃迁。在2023年的乌镇互联网大会上，浙江移动重保团队联合中兴通讯使用AI大模型保障助

手对部分站点实施保障，采用生成式AI运维模式精准理解自然语言意图，并自动匹配场景智能生成保障方案，保障效率是传统保障流程的6倍。同时，保障助手能够主动感知内外部事件，通过日历、邮件等触发保障流程，覆盖重大活动、突发事件、业务潮汐等场景，是业界首个基于大模型面向无线网络业务场景的端到端创新产品实践。

基于内生智能架构，中兴通讯RAN Composer已孵化众多场景应用，包括基于用户编排的体验保障、基于网络编排的网络效率提升、基于双层智能的节能和端到端智能运维等，已在全球30多个网络、150万站点进行了商用部署。2023年11月底，RAN Composer荣获Informa旗下Glotel全球电信大奖“Advancing Artificial Intelligence”。该奖项是业界对中兴通讯在AI领域的创新，尤其是基站内生AI领域探索和实践的高度认可，彰显了中兴通讯通过AI技术与移动通信融合为5G发展新阶段做出的重要贡献。

面向未来，RAN Composer将以AI即服务(AlaaS)的形式向运营商开放，支持通过OpenAPI等方式进行服务调用和低代码开发。这种方式可以高效低成本地将AI原子能力集成到运营商自身的系统中，不仅实现了灵活、按需的功能扩展以及资源弹性，而且助力运营商实现跨域闭环运维、跨域算力协同以及跨域业务编排，为无线接入网络向6G通算智一体化演进奠定了坚实的基础，也将为运营商带来更大的商业价值。**ZTE中兴**

核心网5G-A内生智能方案， 助力运营商重点业务体验保障



牛娇红
中兴通讯核心网系统架构师



何伟
中兴通讯MANO产品规划总工

运

营商已在大范围部署5G独立组网（SA），并成功实现规模化商业运营。随着5G商用逐步走向成熟，运营商面临的关键挑战是如何充分挖掘5G网络价值，实现深度精细化运营，为客户创造更高价值。

数字经济新形态对网络保障提出更高要求

移动在线网红直播业务已成为数字经济中的新亮点。随着用户数量的增加和业务多样性的提升，移动网红直播业务面临着更加复杂的网络环境和高度个性化的用户需求。网络拥塞时，网红主播面临体验劣化的挑战，这直接影响了其服务质量。头部主播对直播体验保障有刚性需求，渴望整个过程流畅不断线。当前网络下发QoS策略后，缺乏对逐用户、逐业务体验的实时感知、分析和保障等能力，也无法结合用户体验、网络资源情况开展动态、精准的QoS管控。

因此，网络需要增强对重点用户/业务体验的可感知、可分析、可判断、可保障能力，以应对不断变化的网络环境，提升直播业务服务质量，满足用户对卓越体验的迫切期望，并在提升用户体验的同时，帮助运营商构建良好的商业模式，实现用户体验与商业运营的价值双赢。

重点业务体验感知和保障方案

3GPP 5G-A标准规范定义了NWDAF（网络数据分析功能），其作为核心网网络智能化的核心网元，承担了数据采集、AI/ML模型训练、分析推理等任务。NWDAF可以对网络的上下行带宽、时延、抖动等多方面指标进行综合分析，从而智能判断并识别用户业务体验状态，并启用相应的网络侧保障机制，在保障用户体验和优化网络方面发挥关键作用。

面向现网重点用户和业务提质诉求，中兴通讯与中国移动研究院密切合作，探索基于3GPP标准网元NWDAF实现用户体验差异化感知和动态闭环保障的新技术。中兴通讯推出基于NWDAF的重点业务体验感知和保障方案，通过对用户直播业务的上下行带宽、时延、抖动等多维指标的分析，智能判断用户业务体验状态，发生质差时触发网络侧进行保障（见图1）。

业务体验实时感知

业务实时感知为保证高价值用户在整个直播过程中享受到流畅、高质量的服务提供了必要条件。

系统智能识别出直播业务中的高价值用户，为特定用户群体提供更为细致入微的实时业务体

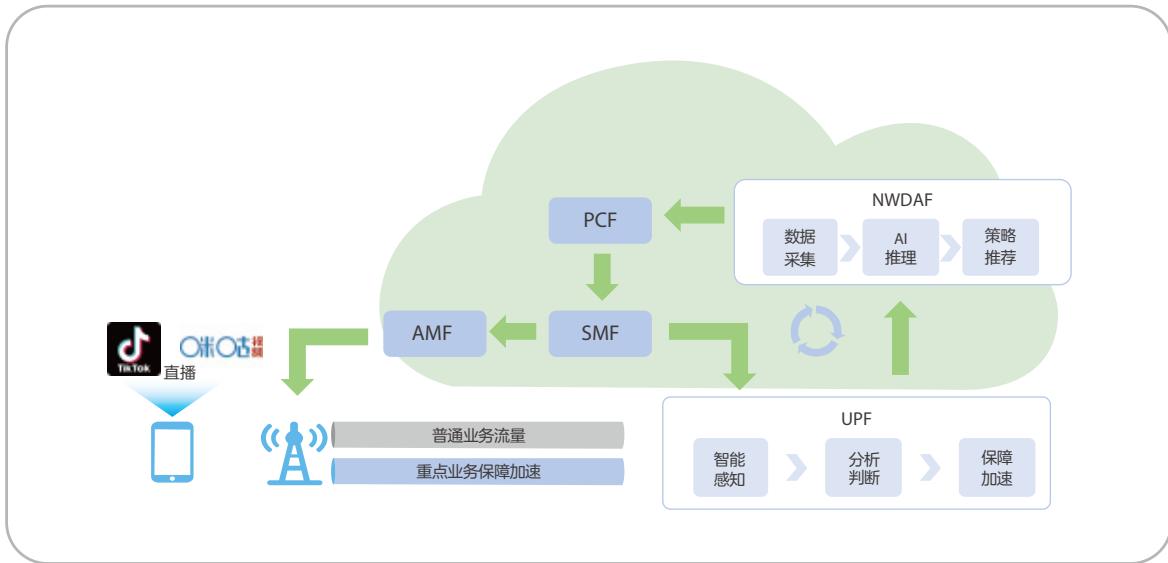


图1 5G核心网业务体验智能保障方案

验监测服务。其核心在于实时采集用户在直播业务过程中的上下行带宽、时延、抖动等多维指标，从而全面、准确地把握用户的实际体验状态。

基于对直播业务用户体验的实时感知，通过预置的或AI生成的业务质差基线进行智能判断，系统能够立即感知用户体验的变化，一旦监测到用户业务上下行带宽变化、时延增加、抖动等异常情况，系统将及时启动相应的保障机制。

业务动态闭环智能保障

动态闭环保障是NWDAF重点业务智能保障方案中的核心机制。NWDAF通过与多个核心网网元，包括UPF、PCF、SMF和AMF等进行系统地协同，基于网络状态的实时感知、质差判断后，采用AI算法，对无线网络的资源情况进行智能预测，提前判断整体网络状态，建立动态、可靠的保障策略。NWDAF通过智能分析直接将业务保障策略推荐的结果提供给PCF，辅助PCF进行业务保障决策。

通过实时感知和动态闭环保障，系统不仅能够灵活应对网络环境和资源的变化，还为用户提供了个性化、高质量的直播服务体验，全面提升业务保障能力。

业务保障过程可视化

基于全程可视化智能保障方案的核心设计理念，方案实现了整个保障过程的可视化管理，为运营商提供了全新的管理范式。通过清晰的界面和实时的数据呈现，运营商可以清晰地了解网络状态、用户体验的实时情况，并能按需迅速做出调整。

业务保障过程可视化使运营商能够高效管理网络，快速响应问题，提升服务质量。

2023年，中国移动研究院联合中兴通讯成功完成直播业务智能体验保障的场景及关键技术验证，标志着中兴通讯支撑5G网络多业务精细化运营进入新的阶段。与传统方式相比，这种按需动态触发的保障方式具有更高的灵活性，只在业务有需要时开启保障，避免了网络资源的浪费。这种智能化的保障机制实现了经营闭环，通过实时感知、智能分析、按需保障的全程可视化，不仅提升了用户体验质量，也在保证服务质量的前提下有效提升了网络使用效率。

未来，中兴通讯将推出面向5G-A网络的ToC和ToB用户提供更丰富的智能化应用场景。作为主流电信设备供应商，中兴通讯将继续以一如既往的承诺，提供卓越的产品和服务，为全球客户构建数字化通信网络贡献力量。**ZTE中兴**

智能超表面RIS：

面向低成本可持续的5G-A网络演进



任涛
中兴通讯RAN产品方案经理

5G-A及未来网络演进面临的挑战

随着5G商用部署的快速推进，对于5G-Advanced和6G通信系统的探索也在加速。在这一演进过程中，行业面临着多种挑战。

首先，由于无线网络环境不可控，例如信号衰减限制了网络连接，多径传播导致信号衰落现象，物体对信号不可控的折射和反射干扰等，使得传统网络部署难以实现无缝覆盖。此外，网络建设成本和能耗持续升高。

其次，5G和未来通信系统的崛起意味着新一轮更为复杂和高要求的服务和应用的涌现。包括高速率、大带宽和低延迟的应用，如混合现实（XR）、全息渲染、感知、定位和无线医疗服务等。这些应用巨大的容量需求与频谱资源的有限性之间有明显的矛盾。

尽管5G仍然是热门话题，但面对上述挑战，电信行业已经开始将目光投向5G以后的技术进步。可重构智能超表面技术（reconfigurable intelligent surface, RIS）崭露头角，成为推动5G-Advanced和6G移动网络演进的有力技术，得到了来自全球学术界和行业相关者的广泛关注。这项技术为网络覆盖、干扰以及未来应用需求不断增长所带来的复杂性提供了富有前景的解决方案。

RIS：面向下一代网络的新型天线形态

作为一项前景广阔的新技术，RIS有望在5G-Advanced和6G领域取得商业成功。由于RIS可显著提升网络性能，同时降低网络建设成本和能耗，提升网络部署便利性，它将在促进低成本和可持续5G-A和未来网络演进中扮演重要的角色。

RIS的基本原理在于通过数字编程操控超材料的电磁特性，从而创造一个智能自适应的无线环境。与遵循斯涅尔定律（反射和入射信号的角度保持相等且不可改变）的传统材料相比，RIS利用电磁超材料，能够精确控制电磁波的方向、宽度和数量，实现信号的精准反射和透射。

这种创新的方法使RIS能够超越传统无线系统的局限性，使得移动通信技术从被动适应无线信道转变为自适应重构无线信道。该功能代表了一项重大突破，克服了传统无线系统固有的瓶颈，为更加动态和高效的无线通信铺平了道路。

中兴通讯率先将RIS应用于5G网络，推动RIS生态系统发展

中兴通讯长期致力于RIS领域的研发和商用试点，是行业内首个进行RIS原型验证的设备商。凭借多样化的产品系列、先进的软件算法、广泛的合作伙伴关系以及在标准化推进方面的领导地位，中兴通讯在推动RIS生态系统发展中发挥了重要作用。

位，中兴通讯不断推进RIS生态系统的发展。

基站RIS动态协同助力RIS提前应用

在研究初期，RIS通常被设计为静态。静态RIS的波束方向固定，且在产品加工完成之后无法再进行修改。由于波束方向无法根据环境的变化和终端的位置实时调整，静态RIS的性能严重受限。为了解决这个问题，中兴通讯研发了动态智能超表面（D-RIS）。D-RIS采用基站RIS动态协同波束赋形算法，实现最大 $\pm 60^\circ$ 的波束扫描，并且当终端在RIS覆盖范围内移动时，RIS可根据用户所在位置实时调整最优的波束方向，将终端始终连接到最强的可用链路上，从而大大扩展基站的覆盖范围并保持最佳的用户体验。

为了减少RIS的处理复杂度，从而将成本和功耗保持在极低水平，中兴D-RIS将复杂的处理，例如信号估计放到基站上，由基站指示RIS进行波束扫描来确定用户所在的位置。当用户发起业务时，基站通过带内空口向RIS发送命令，指示RIS采用最佳的波束方向指向用户。此外，我们的实现方法没有修改基站和终端之间的接口协议，使5G商用终端无需任何修改即可通过RIS接入网络，使运营商能够在其5G网络中提前实现RIS的商用部署，而无需等到6G。

率先推出第二代低功耗商用机型D-RIS 2.0

根据不同的应用场景和部署环境，中兴通讯发布了系列化RIS产品，按照大类可以分为反射型RIS和透射型RIS。

反射型RIS主要用于实现基站信号的按需反射。例如，当基站和用户之间有障碍物（如高楼）阻挡信号时，会导致信号衰落，影响用户体验。此时，可以在基站和用户之间部署反射型RIS，将基站信号绕开障碍物，反射到用户所在位置，从而提升信号强度。反射型RIS可以部署在多种位置，如灯杆、广告位、墙壁等。和小基站相比，RIS部署位置更容易获得，场地租赁成本更低。



▲图1 中兴通讯第二代动态反射型RIS

在2023年6月举行的上海世界移动通信大会（MWCS2023）上，中兴通讯发布了第二代动态反射型RIS，D-RIS 2.0（见图1）。和前一代产品相比，由于材料和架构的改进，整机功耗下降80%。此外，D-RIS 2.0支持IP65，满足室外长期部署对防水和防尘的要求。

透射型RIS主要用于增强信号以提升其穿透能力，主要贴敷在玻璃表面，如建筑物窗户或车厢窗户等，实现室外覆盖室内或高铁车厢覆盖增强。为避免影响室内采光，透射型RIS通常设计为透明形态，所以也被称为透明RIS。

牵头积极推进RIS标准和生态系统发展

当前，企业、科研机构、高等院校等组织积极开展RIS相关技术的研究、标准化和产业化，共同构建RIS生态系统，推动RIS产业发展。中兴通讯是RIS标准的积极贡献者和行业推动者，在CCSA WG6、IMT-2030、ETSI RIS ISG、3GPP等领域牵头启动RIS项目。此外，中兴通讯还是2022年

“中国电信和中兴通讯合作打造了杭州亚运会的多个智能项目，展示了5G-A领域的最新技术。其中，D-RIS作为一项关键技术脱颖而出，以其高性价比、低功耗的特点，为奥运会场馆和亚运村无处不在的5G覆盖做出了重要贡献。”

4月成立的RIS TECH联盟（ RISTA ）的创始成员。

验证和试点

中兴通讯领导的多项商业部署和试点表明，D-RIS可以满足运营商不断增长的覆盖范围和性能需求，同时降低其资本支出和运营支出。

2023年9月，第19届亚运会在中国杭州举行。此次亚运会不仅是一场盛大的体育赛事，更是一个展示高科技的舞台。中国电信和中兴通讯合作打造了杭州亚运会的多个智能项目，展示了5G-A领域的最新技术。其中，D-RIS作为一项关键技术脱颖而出，以其高性价比、低功耗的特点，为奥运会场馆和亚运村无处不在的5G覆盖做出了重要贡献。

● 智慧亚运村

杭州亚运会场馆附近矗立着众多高楼大厦，由于非视距情况的存在，商业和办公楼室内的5G信号强度低，进一步导致数据速率缓慢和用户体验不佳。即使是附近部署的室外基站也无法满足低楼层的商铺和地下停车场等区域的5G覆盖。

为了解决这些挑战，中国电信采用中兴通讯可快速部署的RIS技术来扩大生活区、商店和停车场等区域的基站覆盖范围。这种方法以最低的成本和最低的碳排放提供了全面的室内覆盖，确保用户在室内也能够持续享受5G的高数据速率。

● 智慧体育场馆

随着高清8K体育转播的出现，体育场馆对网络容量的需求达到了新的高度。为实现亚运赛事高清直播，中国电信采用5G-A技术在体育场内外提供连续、高速的网络服务，支持多设备、多角度的高清转播，以及虚拟现实观看、互动体验等功能。然而，高频段虽然带来了充足的带宽，但也带来了覆盖挑战。通过AAU与RIS的结合，杭州亚运会实现了比赛场馆内的全覆盖，同时大幅降低了网络部署成本，加快了网络部署进程。

2023年8月，中兴通讯成功与泰国AIS合作，在曼谷“5G A-Z联合创新中心”完成东南亚首个基于毫米波网络的动态RIS验证。本次验证中，中兴通讯在AIS带宽400MHz的毫米波网络中部署了动态RIS，这使得毫米波信号覆盖范围得到显著提升，使得用户在400m²的办公房间内移动时，始终能够保持超过1.6Gbps的下行峰值速率和超过260Mbps的上行峰值速率。上述速率是无RIS情况下的3倍以上。

我们有充分的理由相信，每个通信服务提供商都应该采用RIS，以便在尽可能多的室外和室内场所维持高容量性能。想象一下用户通过毫米波室外基站的1Gbps管道观看高清视频，移动到室内而没有任何体验变化，这就是RIS的威力。**ZTE中兴**



浙江电信携手中兴通讯：

九大创新成果打造5G-A杭州智慧城市

杭州是新一代创新活力之城，有着“互联网之都”的称号。杭州亚运会期间，中国电信浙江公司（以下简称浙江电信）联合中兴通讯，秉持智能发展理念，积极探索5G-A创新技术并应用于重大赛事保障以及多领域创新业务支撑，以“办好一个会，提升一座城”为宗旨，从惠民、兴业、提效三个层面全场景打造5G-A杭州智慧城市。

惠民：超高网速赋能沉浸式体验

数智生活，助力消费者沉浸式体验。我们通过5G-A大带宽网络能力及RIS创新技术，实现网络“无缝超万兆”，提升体验，拓展业务类型，从而带领消费者迈向数智生活，连接虚实世界。

超双万兆网络赋能沉浸式新业务

浙江电信联合中兴通讯携手打造业界最大

1.6GHz带宽5G-A设备，在杭州萧山区、钱塘江畔等热点区域部署满足大流量业务需求。现场实测下行峰值速率达25Gbps，上行峰值速率达到17Gbps。在大型体育赛事场馆部署，单站可以支持数十路8K摄像头实时直播。同时，5G-A超双万兆网络还可以支持上百路XR创新业务并发，结合子弹时间等技术，实现多人沉浸式观赛新体验。

可重构智能超表面技术打造5G-A网络无缝覆盖

中国电信定制美化RIS (reconfigurable intelligent surface)，在亚运村内完成RIS应用验证，实现地下车库、商铺内典型场景万兆网络盲区覆盖。实测数据显示，与未部署RIS情况相比，终端下行速率提升6倍，上行速率提升20倍。同时，动态智能超表面反射波束可以跟随用户移动，信号强度和速率均保持稳定。

除了亚运村，滨江羽毛球馆也完成动态RIS部署，通过RIS对盲区信号进行补充，并完成8K



宋杨
中兴通讯RAN产品市场方案经理

超高清直播业务。在钱塘江畔的10km智慧步道上，基于动态RIS的波束追踪功能实现了运动数据实时监测显示，助力全民运动发展。

兴业：江-地-空-海四大场景智慧发展

数智经济，探索更多发展场景。根据杭州城市特点，我们通过5G-A网络确定性和通感算控一体、RedCap、NTN等创新方案，赋能智慧文旅、新媒体、智慧安防、水质检测等领域，助力行业数智化转型。

业界首创5G-A船地回传系统打造超万兆网红邮轮

钱塘江作为杭州“三江两岸”水上黄金旅游线路之一，是网红打卡点。但由于江面信号反射导致频谱干扰，且船体信号衰减大，无法满足多位主播直播所需网络容量。浙江电信携手中兴通讯在钱塘江部署1.6GHz超大带宽5G-A设备，实现

单终端下行峰值超过11Gbps，支持百位主播同时进行超高清直播。同时，在江面上部署业界首创的5G-A船地回传系统，利用5G-A网络的大带宽能力进行船地回传结合小站上船，用户体验提升10倍以上。

5G-A算网一体极简游牧式基站助力总台制播新技术

中国电信与中央广播电视台总台（CMG）合作应用基于5G-A的轻量化新媒体互动新技术。通过我们的5G-A专网，结合可移动游牧式极简架构设计，实现上行2G+超大容量、超高清视频1:8的浅压缩稳定传输。结合实时无绿幕实景抠像技术，现场可以体验低延时的虚拟同框互动。

单AAU通感算一体技术、RedCap赋能低成本地空巡检

产业方面，浙江电信联合中兴通讯引入RedCap技术在杭州智慧e谷进行应用，利用RedCap大容量低时延的优势实现地面实时画面采



一方面，我们通过数字孪生技术实现杭州重要赛事期间各个场馆网络性能和业务感知可见，另一方面，通过Cluster DFS、智能呼吸网络解决方案实现杭州重要赛事期间场馆内大流量用户网络流畅体验。

集回传，实现低成本园区巡检。

除了地面上的智能，低空领域同样应用了智能方案。中国电信通感一体技术助力亚运期间低空安全保障，在亚运村门口利用通感一体技术搭建了一条低空安全防线，利用5G-A基站的感知能力可以感知到1km以内的物体位置、高度等，感知精度达到亚米级。

首个海域场景5G NTN应用，实时水质监测和数据回传

浙江电信联合中兴通讯完成业界首个海域场景的5G NTN（非地面网络）应用验证，在海域和无人岛场景实现在轨交互和业务数据传输，完成海洋水质监测、无人岛温湿度监测、无人岛应急求救等多终端、多场景的实时业务验证，效果良好。

提效：三大智能保障网络无忧

数智保障，网络运营效率提升。一方面，我们通过数字孪生技术实现杭州重要赛事期间各个场馆网络性能和业务感知可见，另一方面，通过Cluster DFS、智能呼吸网络解决方案实现杭州重要赛事期间场馆内大流量用户网络流畅体验。

数字孪生技术打造通信保障“中枢大脑”

面对庞大的通信网络规模，如何实现快速响应和协同尤为重要。为此，浙江电信携手中兴通讯等行业伙伴助力打造“天目”重保指挥系统，实现网络性能和业务感知可见、可管、可控。结

合数字孪生技术，实现全省赛事3D场馆轮播效果，打造通信保障的“中枢大脑”。该“中枢大脑”可实时掌控通信大网、专网、重要业务运行情况，助力高效指挥、精准决策。

Cluster DFS提供高效的上行容量解决方案

浙江电信联合中兴通讯合作部署Cluster DFS（基站簇级动态帧解构调整）技术，通过智能化预测用户和业务的话务分布特征，以基站簇为单位进行帧结构的动态调整，使得亚运场馆内网络具备“网随业动”的能力，精准满足上下行业务动态波动的业务需求。萧山羽毛球馆实测数据显示，Cluster DFS提升馆内上行容量60%以上，充分保障在线直播和视频监控等各种大上行业务的带宽需求。

首创智能呼吸网络实现数万人上网无忧

为了解决高并发场景下的网络拥塞、流量抑制问题，浙江电信联合中兴通讯推出业界首个“智能呼吸网络”解决方案。智能呼吸网络基于时域和频域的话务分布趋势，通过功率共享实现功率弹缩网络功能，即灵活的覆盖调整，极高效率地调配有限的网络资源，满足多终端高并发业务需求，为比赛现场观众提供最佳的用户体验。

踔厉奋发、砥砺前行，浙江电信与中兴通讯以新技术赋能新杭州，以5G-A九大创新能力为杭州带来无尽的活力与热情，打造杭州智慧之城！

天翼交通携手苏州电信、中兴通讯 推进5G+车路云一体化中国 方案创新实践



卢慧敏
天翼交通公共关系主管



马星烁
中兴通讯RAN产品市场
方案经理

交

通是城市活动的重要组成部分，犹如人体的动脉，维系着整个城市的正常运转。然而，随着人口的增多和城市规模的扩大，城市道路基础设施已经无法满足日益增长的交通需求，公共交通系统正面临越来越大的压力，交通拥堵、安全事故频发、空气污染等问题日益严峻。

苏州市汽车保有量超500万辆，居全省第一。为了应对不断攀升的汽车数量带来的城市交通问题，苏州市政府勇于人先、创新突破，大力推进交通系统智能化升级与数字化转型，构建跨部门、跨区域、跨行业的协作机制，积极探索“车、路、网、云”全方位一体化建设，以提升交通出行及管理效率。

车路协同是智慧交通的关键路径，只有把车、路、网、云等要素有机结合起来，才能充分应对复杂多样的交通场景挑战。中国电信集团联合地方国资平台先导产投和行业头部企业共同设立了天翼交通科技有限公司，基于技术优势及政府资源，致力于打造车、路、云、网、图、安一体化解决方案，提供智能化的交通运营及服务。

业界首个5G车路云一体化智慧车联网 落地苏州相城

2023年6月，上海世界移动通信大会（MWCS2023）期间，天翼交通联合苏州电信、中兴通讯打造了业界首个5G车路云一体化智慧车

联网，通过路的智能化改造和超稳态5G网络，实现全天候、无死角的实时路况信息感知，赋能自动驾驶业务。

天翼交通在智能交通杆上配备激光雷达、4D毫米波雷达、高清摄像头等高精度传感器，实现无盲区的道路感知。路侧感知的信息利用中兴通讯的超稳态5G网络实现了极速可靠的处理和传输。超稳态5G网络保障方案一方面利用降时延、增可靠的网络技术（虚拟双频专网、双发选收、动态调度增强功能等），保障车路之间信息传递的实时性，已在外场实现20ms低时延、99.99%可靠性，保障60km/h自动驾驶业务；另一方面，通过在5G基站部署NodeEngine算力单板可轻松承载天翼交通边缘云控平台的部署，实现连片组网，算力灵活拓展，从而保障计算的高效性、经济性和控制决策的快速闭环，带来稳定的业务体验，也为运营商实现一网多用。

基于超稳态5G网络，车路云一体化系统拥有了最可靠的通信和最强大的边缘算力平台，能够通过全局性的调度实现车路协同效率的最大化，宝贵的道路资源也能实现更高效而系统性的配置，从而达到整个道路交通系统的智能化提升。

打造5G车路云一体化智能交通城市服 务体验路线

在第29届智能交通世界大会期间，天翼交通携手中兴通讯推出了基于5G车路云一体化方案的



◀ 天翼交通车路协同数字孪生平台

技术服务体验路线，受到参观者的一致好评。

该体验路线位于苏州高铁新城。天翼交通对全域162km道路分等级建设，其中包含51km面向车路协同自动驾驶的全息道路，是国内目前连续里程最长的L4级路网，同时也是国内目前唯一基于5G的可为L2级车辆提供L4级自动驾驶服务的道路。在道路沿途，还可以参观基于5G车路云一体化的无人出租车、无人小巴、无人清扫、无人环卫、无人安防巡检等各类应用场景。借助天翼交通云控基础平台的协同云调度，交管部门可实现监测指挥、交通场景回溯等智能交通管理，绿波通行等协同式的智慧出行服务，持续提升公众体验感。

探索5G车路云一体化智慧交通商用之路

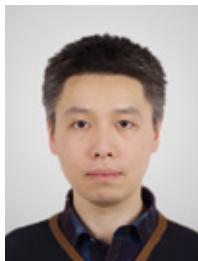
在苏州，天翼交通面向市民开放了三条L4无人小巴商用线路。无人驾驶小巴通过5G接收实时路况感知数据，并通过云控平台进行远程控制和运营。车上没有司机，只有一个安全监督员，负责在紧急情况下立即接管控制权。

此外，20多家汽车企业的1000多辆自动驾驶汽车也已接入天翼交通云控平台进行实时监管。天翼交通还计划推出面向司机的应用程序，并通过手机或车载终端为公众提供智能停车、路线规划、拥堵预警等服务，让出行更加舒适、智能。

下一阶段，天翼交通将持续拓展5G车路云一体化自动驾驶试点区域，同时优化在广域范围内自动驾驶服务的一致性、连续性。此外，5G通感一体前沿技术也将应用在超稳态网络上，打造通感算一体化基础设施，进一步增强网络的感知能力，助力更多的车联网应用。

作为全国领先的智慧城市，苏州聚集了200多家智能汽车、汽车零部件以及云计算、大数据企业等，形成了互利共赢的产业生态圈，为城市交通的发展与转型提供了有利环境。天翼交通将与苏州电信、中兴通讯深入合作，以规模化的市场效应在苏州构建路网协同运营生态，基于超稳态5G网络持续支撑车路云一体化商业探索和实践，做到“单城打透”，并打算以苏州为原点向长三角乃至全国辐射，完成智慧交通“中国方案”的路径实践。**ZTE中兴**

5G面向工业领域的确定性保障 增强技术



郑兴明
中兴通讯CCN产品综合
方案架构师

5G网络是数字化社会建设的信息底座。面向ToC的消费型互联网不仅提供语音电话、影音直播等业务，也已经融入以移动支付为代表的数字化生活；此外，5G网络还拓展了面向电力、煤矿、制造等ToB行业的生产型互联网，助力企业向数字化、智能化转型。

与面向消费领域的ToC网络不同，工业生产领域的应用场景需要更低的时延、更低的抖动和更高可靠性等传输保障能力，对5G网络提出了更严苛的确定性传输要求。

工业OT领域的业务场景和需求

工业OT技术（operational technology）通常指工业生产过程中对各类终端、过程和事件进行监测和控制的软硬件技术，如传感器、控制器、机器人等硬件设施以及相关的软件技术，用于采集数据、监测和控制工业设备和过程，实现自动化生产管理和制造，以提高生产效率、降低成本，确保安全可靠。

传统工业OT网络中，由于对时延可靠性等要求较高，大都采用专用网络，如现场总线、工业以太网。不同的应用场景对网络的SLA指标也有不同的要求，按业务流的特征可以分为如下两大类：

- 周期性业务通信：指终端侧或业务侧发出的数据流是循环发送的，具有固定的传输间隔；大部分PLC（Programmable Logic Controller）控制类场景均采用周期性的通信方式。
- 非周期性业务通信：指终端侧或业务侧发出的数据流是突发的，通常由事件来触发，如告

警/通知类的业务流。

针对时延敏感类的周期性业务，根据对时延、抖动等指标容忍度的差异，还可以细分为如下三种类型：

- 等时同步通信（isochronous）：对时延和抖动均有非常严苛的要求，需要高精度时间同步机制来保证收发两端的严格同步。通常业务流的循环周期时间为微秒到十毫秒级别，时间同步精度小于1微秒，并且对网络丢包零容忍。典型应用为高精度的运动控制类的PLC业务，如伺服电机等。
- 周期同步通信（cyclic-synchronous）：对时延和抖动均有较高的要求，同样需要精准时间同步机制来保证收发两端的严格同步。通常业务流的循环周期时间为百微秒到百毫秒级别，时间同步精度一般在百微秒到十毫秒级别，并且对网络丢包零容忍。典型应用为控制类业务、差动保护等。
- 周期异步通信（cyclic-asynchronous）：对时延和抖动的要求相比前两种同步通信方式来说比较宽松，也无需精准时间同步。通常业务流的循环周期时间为毫秒到秒级，抖动小于时延即可满足要求，并且还可以容忍少量的1~3个连续报文的丢失。典型应用为AGV小车等。

5G网络适配工业OT领域的关键技术

为了使5G网络更好地服务于工业OT领域，5G标准中引入了多种增强技术，提供确定性网络保

障能力。图1展示了5G确定性网络的总体架构。

5G LAN技术

5G LAN技术实现了类似二层以太网交换机的通信能力，5G网络为UE终端建立一个Ethernet类型的PDU会话，不需要给UE分配IP地址。此时，UE与UE之间、UE与业务网络之间可以直接通过5G来传输以太网帧，并且可以进行组播和广播通信，满足工业网络中的点到点、点到多点的二/三层信息传递。

URLLC技术

URLLC技术提供了低时延和高可靠的移动数据传输能力。5G空口引入了mini-slot、1D1S帧结构等一系列增强的调度优化技术，降低空口的传输时延。

5G系统还引入了多种双路径的冗余传输机制，来提供高可靠的数据传输能力，如PDCP复制、双PDU会话/双发选收等机制。结合双频点无线，可以大幅降低无线干扰、设备故障等异常导致的服务中断和网络丢包等风险。

TSC技术

TSC (Time-Sensitive Communication) 技术

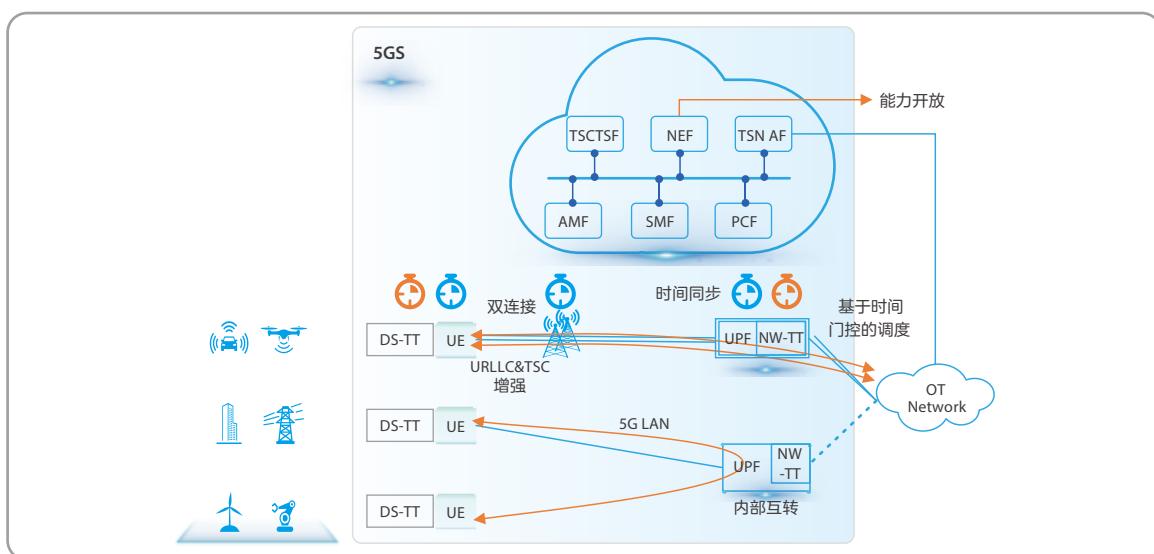
是在URLLC技术的基础上，针对周期性业务流进一步优化调度机制，以达到更低时延和抖动等确定性传输能力。UE、RAN和UPF可感知业务数据的突发到达时间和循环周期等信息，从而优化调度行为，降低业务流的传输时延。

此外，TSC技术中还引入了5G系统和TSN (Time-Sensitive Network) 网络间融合互通的能力，把整个5G系统看作一个TSN逻辑网桥，在UE和UPF中引入基于时间感知的802.1Qbv调度机制，实现低时延、低抖动的确定性转发能力，确保跨5G的E2E确定性转发保障。

高精度时间同步

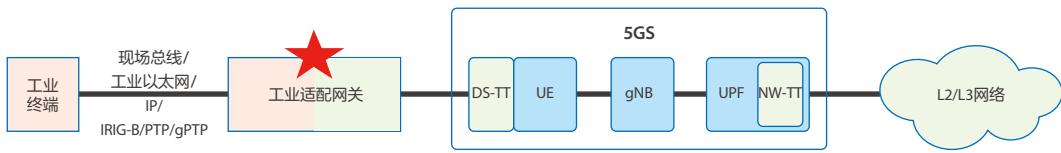
高精度时间同步为周期性基于时间门控的调度转发系统提供了百纳秒级别的端到端高精度时间同步功能，可分为如下两大能力：

- 端到端跨5G高精度时间同步：5G系统接收来自终端侧或者网络侧的802.1AS/1588v2时间同步消息，并跨越5G网络向另一侧传递该时间同步消息，连通终端侧和网络侧工业OT域，实现端到端高精度时间同步。
- 5G开放高精度授时服务：RAN从5G GM (例如：BDS/GPS) 获取时间后，向UE和UPF进行时间同步，然后UE或UPF可作为时钟源向



◀图1 5G确定性网络总体架构

图2 工业适配网关实现OT协议转换



终端侧和业务侧的OT网络提供授时服务。

其他

5G网络还提供切片保障、MEC加速等技术，为工业OT业务提供进一步的确定性保障；3GPP R18标准中还引入了和DetNet（Deterministic Networking）网络融合互通的架构，为以后对接DetNet的OT网络提供技术基础。

此外，5G系统还持续增强面向OT网络的能力开放机制，强化5G网络和业务应用之间的协同能力，达到进一步降低时延、减少丢包的保障效果，增强确定性保障能力。

5G在工业OT网络中的应用探讨

5G网络已增强了较多的技术来适配OT网络的业务应用，针对不同的业务场景可选择最合适的技术。例如：

- 针对非周期性、周期异步的业务场景，可以引入切片、QoS等来进行保障；并且可以引入URLLC技术来保障对时延要求较苛刻的业务。
- 针对周期同步、等时同步的业务场景，可以同时引入URLLC和TSC技术进行增强保障。
- 对于对丢包比较敏感的业务，可以引入双路冗余传输机制。

不过工业现场网的协议繁多，且部分工业协议还可能存在较多的定制化特性，如基于串口的工业现场网、非标准的以太网、各种时间同步协议等，虽然5G已经增强了URLLC、TSC等技术，也依然很难适配所有的工业场景。此时需要引入合适的工业网关进行协议的适配转换，如图2所示。

此外，部分OT网络对时延的要求非常高，例如，有些运动控制的等时同步场景中，甚至要求端到端传输时延小于1毫秒，以5G网络当前的能

力还不足以满足该类业务的应用需求，需要5G-A和6G网络的持续增强和优化。

因此，5G在工业OT领域的应用，可以从中高时延场景向低时延、低抖动场景逐渐引入，分为如下几个阶段：

- 阶段一：引入5G LAN和双发选收技术，提供二层以太网的转发能力和高可靠能力，并结合切片和QoS保障技术，满足5G在工业OT网络的基础应用能力，适用于对时延、抖动要求不太严苛的场景，如数据采集、视频监控等。
- 阶段二：引入URLLC低时延调度和高可靠纠错技术，进一步降低网络传输时延，提高传输可靠性，深入5G网络在工业OT领域工业现场级的应用场景，适用于远程控制、紧急告警等场景。
- 阶段三：引入TSC增强调度能力和高精度时间同步能力，满足超低时延和抖动的周期同步、等时同步等场景需求。此外，通过引入工业网关，实现工业OT网络和5G TSC确定性网络之间的互通适配能力。

工业和信息化部自2019年发布《“5G+工业互联网”512工程推进方案》以来，一直持续推动5G与工业互联网的融合创新发展，推动制造业从单点、局部的信息技术应用向数字化、网络化和智能化转变。当前面向工业OT网络的5G产业链已经逐渐走向成熟，开始支持5G LAN、URLLC、双发选收、TSC等5G/5G-A增强特性。

中兴通讯自从2021年率先推出5G TSN系统以来，已完成了多个工业OT项目的应用验证。随着5G-A临近的脚步声，中兴通讯5G系统也已经开始支持R18的增强特性，将提供更低时延、更高可靠、更完善和更灵活的确定性保障能力，更广泛、更深入地应用到工业领域中。ZTE 中兴

ZTE中兴



5G领衔 别出新彩

中兴云电脑 双风 系列

纤薄至简 | 缤纷配色 | 大美无界

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在