

# 中兴通讯技术 **简讯**

ZTE TECHNOLOGIES | 第28卷 第12期 · 2024年12月

## 视点

04 创新不辍，打造面向未来的用户中心化网络

07 用户中心化网络演进的关键技术洞察

# 5G-A

## 专题：用户中心化5G-A网络

10 D<sup>3</sup>-ELAA：以用户为中心构建服务新范式，拓展网络新价值





1996年创办 总第435期

2024年12月 第28卷 第12期

中兴通讯技术 (简讯)

ZHONG XING TONG XUN JI SHU (JIAN XUN)

中兴通讯股份有限公司主管

《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 胡俊劼 华新海

阚杰 李伟正 刘明明 陆平

唐雪 王全 张卫青 郑鹏

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑委员会

主任: 林晓东

副主任: 卢丹

编委: 邓志峰 代岩斌 黄新明 姜永湖

柯文 孔建华 卢丹 梁大鹏

刘爽 林晓东 马小松 施军

夏泽金 杨兆江 朱建军

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部

总编: 林晓东

常务副总编: 卢丹

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: 5000本

出版频次: 按月

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12月20日



向际鹰

中兴通讯首席科学家

## 突破蜂窝边界，重塑连接体验

随着2024年5G-Advanced的商用启航以及生成式人工智能、沉浸式通信、车路云一体化智慧交通以及低空经济等新兴业务的发展，移动产业也来到一个商业转型的十字路口——从流量经营向体验经营和服务经营转型。这一转型对传统尽力而为的网络能力提出了新的要求，驱动移动网络架构、关键技术以及智能化服务能力的持续升级，以实现以用户为中心的个性化服务和差异化运营。

围绕网络中心化向用户中心化的范式迁移，中兴通讯持续推动技术创新并联合产业伙伴推出D<sup>3</sup>-ELAA、Cluster DXS、网随车动、天地一体化协同、网业协同内生智能等系列化解决方案，通过网络边界和场景边界的突破持续赋能服务边界的突破，逐步实现空天地海全场景、人机物智（智能体）全对象、ToC/ToB/ToX全领域随时随地的按需连接和精准服务。

从网络运营和可持续发展的角度看，用户中心化范式驱动的技术和服务能力升级将不断固本拓新，促进三个方面的价值生长：存量用户和业务满足度的提升，促进流量消费，守好基本盘；新套餐、新业务的个性化定制和按需保障，扩大体验和服务消费，激发增量；通过网络能力开放促进跨界合作和生态建设，实现各方的共赢以及可持续的价值网络生长。

拥抱AI时代，点亮智能社会。以OpenAI o1为代表的深度推理新范式将进一步加速智能体、具身智能以及智联网的发展，移动网络连接能力的持续升级以及AI能力的不断拓展将为泛在智能的进化持续注入动能。中兴通讯期待与所有合作伙伴一起，共同探索5G-Advanced和6G用户中心化网络的无限可能，为构建以人为中心的智能社会贡献力量。

# 目次

中兴通讯技术（简讯）2024年第12期



## D<sup>3</sup>-ELAA： 以用户为中心构建服务新范式， 拓展网络新价值

中兴通讯创新性地推出了D<sup>3</sup>-ELAA技术，将6G的无边界小区等核心理念在5G网络中率先落地应用，积极推动移动通信网络从基于网络服务策略向以用户体验为核心的转变，赋能更多的应用场景，推动未来网络的持续演进。

### 视点

04 创新不辍，打造面向未来的用户中心化网络  
唐雪，顾军

07 用户中心化网络演进的关键技术洞察  
张诗社，周将运

## 专题：用户中心化5G-A网络

10 D<sup>3</sup>-ELAA：以用户为中心构建服务新范式，拓展网络新价值  
白炜，顾军

15 以用户为中心的Cluster DRS，全方位打造信息高速公路  
白炜，顾军

18 Cluster DFS打造ToB/ToC融合服务网络  
郝育鹏

20 RRU功率池化，实现动态呼吸网络  
李思军

22 功率随行，极致体验  
徐龙，吕佩

24 双核驱动：用户中心化与绿色节能引领5G-A新时代  
郭诚，范英鹰

26 以用户为中心的频谱融合方案  
米德忠

28 场景化智能保障，助力5G用户体验升级  
王军涛，辛胜利

31 以用户为中心的无蜂窝大规模MIMO网络架构  
陈东，陈建军



### 成功故事

34 湖南电信：5G-A智能双域协同，打造网络新体验  
谭永龙，吴坚

36 未来已来：5G-A引领智慧公园新风尚  
范英鹰，张华琳

### 02 新闻资讯



## 中兴通讯新支点车用操作系统斩获2024年中国汽车行业三项大奖

11月，由中国汽车工业协会主办的2024年中国汽车软件大会在上海闭幕，中兴通讯新支点车用操作系统凭借其高实时性、高可靠性、高安全性及“芯软”融合实践获选“2024中国汽车软件优秀创新案例”。

此外，在近期举办的第三十一届中国汽车工程学会年会暨展览会（SAECE 2024）上，中兴通讯凭借“基于微内核和Safety Linux的双内核智能驾驶操作系统”，连续入选“CICV2024智能网联汽车功能安全应用案例”，并斩获“2024年度中国汽车工程学会科学技术奖”三等奖。“中国汽车工程学会科学技术奖”是我国汽车产业具影响力的权威科技奖项。

## 中兴通讯荣膺PMI（中国）2024年度项目大奖

11月，在全球领先的项目管理协会PMI（中国）举办的2024年度项目管理大会上，中兴通讯凭借其在马来西亚CelcomDigi双网融合项目中的卓越表现，荣膺2024年度PMI（中国）项目管理大奖项目级最高荣誉奖项——年度项目大奖。作为中国企业“走出去”的成功实践，该项目推动了马来西亚通信网络的创新发展，也在国际通信工程项目管理领域树立了新的标杆。这是继该项目荣获2024年度PMI（马来西亚）杰出项目奖之后的又一殊荣。



马来西亚CelcomDigi双网融合项目旨在通过深度整合两大运营商的网络资源，提升网络覆盖率和下载速率，从而为用户带来更加优质的体验。作为马来西亚最大的运营商CelcomDigi的重要战略合作伙伴，中兴通讯自2023年起负责马来西亚首都吉隆坡、槟城、沙巴、砂拉越四个区域的上万座站点的现代化改造和网络融合。

项目的成功交付显著提升了网络质量及本地人才队伍发展。据统计，2023年底项目一期执行后网络覆盖增强15%，下载速率提升25%，网络流量增长15%，用户投诉率下降60%以上。值得一提的是，项目在降低综合建设成本和运营成本的基础上，还基于创新产品方案、AI节能技术有效降低了碳排放。



## 中兴通讯荣获世界互联网大会杰出贡献奖

11月，2024年世界互联网大会乌镇峰会上，中兴通讯凭借在绿色创新、利用5G和人工智能等技术筑路数字经济、弥合全球数字鸿沟等方面的卓越贡献荣获“世界互联网大会杰出贡献奖”。

## 中兴通讯斩获2024世界物联网博览会“新技术新应用新模式成果”大奖

11月11日，2024世界物联网博览会在无锡盛大开幕，本届大会聚焦“以物联网产业筑基，向新质生产力跃迁”主线进行重点展示，并发布了“2024物联网新技术新应用新模式评选”获奖成果。中兴通讯凭借在AIoT领域的持续创新和实践成果，斩获金奖和专项奖。中兴通讯城市生命线安全综合方案荣获金奖，数字孪生水利综合解决方案荣获专项奖。

## 中兴通讯亮相2024全国数据治理年会暨博览会

11月17日—19日，由中国电子信息行业联合会主办的2024年（第三届）全国数据治理年会暨博览会在北京展览馆举办。

在本次大会上，中兴通讯斩获多个奖项，包括十大数据管理名牌企业、十大数据管理创新案例和“数智杯”数据管理创新应用大赛二等奖。中兴通讯副总裁、架构及流程总监刘曙光获得“十佳优秀案例数据官”。



## 中兴通讯在土耳其举办2024年5G峰会暨用户大会

11月5日至6日，中兴通讯在土耳其伊斯坦布尔成功举办2024年5G峰会暨用户大会，本届大会以为“智能创新，共创繁荣”主题，业界知名科学家、企业领袖、学者、标准化机构、行业合作伙伴和分析师等汇聚一堂，共同探讨5G、5G-A、AI以及下一代网络技术的最新发展与未来趋势。

中兴通讯总裁徐子阳在峰会开幕式上发表了题为“数连文明，智融碳硅”的主题演讲。他提出在行业技术快速发展的时代，“连接（Link）”这

一概念被赋予更广泛的内涵。它包含数据连接，即构建比特世界丝绸之路，无缝通达全球；智慧连接，重构算力和智能，跨维重塑社会生产；共生连接，代表共建生态合作，技术与环境共生延续；碳基生命与硅基智慧的连接，它指向开启人类探索未来的无限可能。中兴通讯将以连接沟通世界，以数智创造机遇，继续携手全球客户和合作伙伴共同推动社会数字化、智能化转型进程，共同构建高效智能的美好未来。

## 中兴通讯2025年度全球合作伙伴大会召开

11月12日，以“智领，兴时代”为主题的中兴通讯2025年度全球合作伙伴大会在深圳召开。本次大会邀请了中兴通讯全球约200家战略合作伙伴、核心供应商，围绕数字经济发展、系统产品战略、终端产品战略、供应链建设、合规管理等议题展开深入研讨。

中兴通讯总裁徐子阳在开场致辞中表示：2024年挑战与机遇并存。中兴通讯坚守“数字经济筑路者”的生态定位，坚持“大道至简、唯快不破”的经营理念，锚定“效率”、“增长”与“可持续”，围绕“数字化、网络化、智能化和低碳化”，持续强化核心技术创新，不断深化“连接+算力”战略布局，积极培育新质生产力，实现经营业绩稳健增长。

## 中国移动携手中兴通讯发布无线智算网络领域最新力作《通算一体：使能泛在AI》

在通用人工智能浪潮下，由中国移动研究院与中兴通讯联袂打造的无线智算网络领域的最新力作《通算一体：使能泛在AI》正式面世。本书提出了无线智算网络的系统框架、技术体系及场景实践，凝聚了两大行业领军者的智慧结晶，为广大读者深入了解未来网络发展提供参考。

## 中兴通讯与华大北斗签署战略合作协议 推进“5G+北斗”智能网联汽车发展

11月27日，中兴通讯与深圳华大北斗科技股份有限公司（以下简称“华大北斗”）在深圳签署战略合作协议，双方将基于各自的技术及产品优势，扩展北斗定位技术在智能网联汽车领域的深化合作并基于各自专长共同进行产品开发。中兴通讯副总裁、汽车电子总经理古永承，华大北斗董事长兼总经理孙中亮、副总经理鹿伟等出席此次签约仪式。

## 中兴通讯亮相第二届链博会，展示数字科技新成果

11月26日—30日，第二届中国国际供应链促进博览会（以下简称“链博会”）在北京举办，来自全球600多家中外企业参展。国家副主席韩正出席开幕式并致辞。大会以“链接世界，共创未来”为主题，旨在推动全球工商界找到供应链上下游合作伙伴，共同维护全球产业链供应链稳定畅通。中兴通讯以“共链数智未来”为主题，展示了其在AI赋能业务、供应链智能体打造、全球供应链产业链布局等方面的成果。



唐雪  
中兴通讯副总裁



顾军  
中兴通讯RAN产品规划总工

## 创新不辍， 打造面向未来的用户中心化网络

2024年，5G-A开启商用并陆续在各个领域得到广泛应用。在ToC领域，5G-A助力XR应用普及，人们可以通过可穿戴设备获得身临其境的沉浸式体验；在ToB领域，5G-A持续深入赋能数智行业，支撑生产域的网络能力；在ToX新经济领域，5G-A拓展全域通感算控、空天地一体等能力底座，助力新经济赛道发展。5G-A以其无缝万兆、泛在智能、确定能力、空天地一体、千亿物联、全域通感六大场景和技术能力，成为推动移动产业发展的关键技术。5G-A不仅能提升网络性能，还能拓展应用场景，为用户提供更加优质的体验和服务。

从产业发展的角度来看，在当今数字化及智能化快速发展的时代，移动产业正经历着从流量经营向体验和服务经营的重大转型。随着智能手机的普及和移动应用的爆发式增长，用户对于网络的需求不再仅仅局限于数据流量的提供，而是

更加注重网络体验和个性化服务。同时，泛在智能的发展趋势使得各种智能设备广泛连接，对网络的覆盖范围、稳定性和响应速度提出了更高的要求。随着移动产业转型和泛在智能发展，传统网络模式面临挑战，用户中心化网络兴起。用户中心化网络技术旨在以用户为中心，提供更加高效、智能、个性化的网络服务。

从2019年开始，伴随5G网络的商用部署和应用推广，中兴通讯联合产业伙伴开展包括时域、频域、空域、功率域在内的全维度网络创新，持续研究和推出用户中心化系列创新方案，包括无线智能编排、Cluster DXS ( Cluster DSS、Cluster DFS、Cluster DRS )、D<sup>3</sup>-ELAA、功率池化以及高铁场景下的网随车动等方案，赋能网络性能的提升、应用场景的拓展以及运营模式的升级。同时面向6G，持续在池化网络架构、分布式码本、跨站高精同步、智能协作赋形、网业协同



从2019年开始，伴随5G网络的商用部署和应用推广，中兴通讯联合产业伙伴开展包括时域、频域、空域、功率域在内的全维度网络创新，持续研究和推出用户中心化系列创新方案。

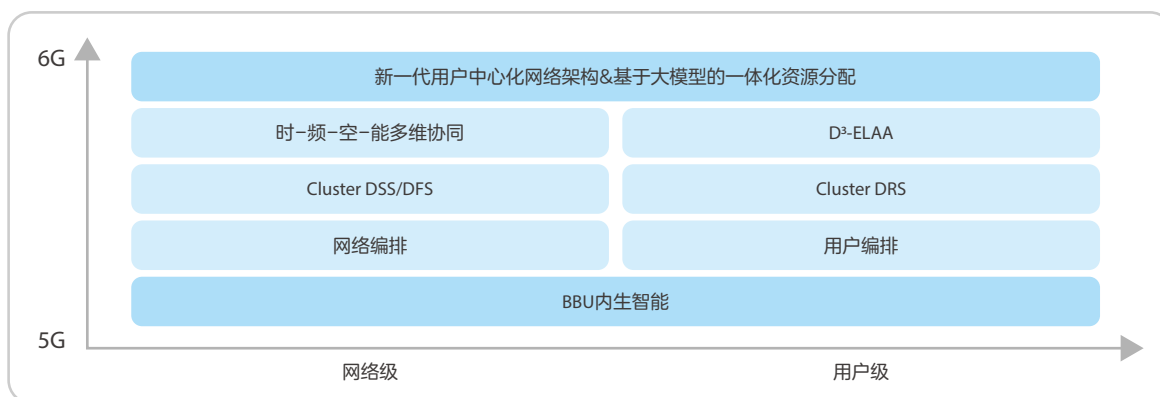


图1 用户中心化解决方案

感知和预测以及基于大模型的一体化资源分配等方面持续创新，打造随时随地“所需即所得”的连接体验，适应未来各类沉浸式业务以及泛在智能体、机器人等技术的发展需求。中兴通讯用户中心化解决方案如图1所示。

## 无线智能编排

无线智能编排基于新一代基站内生智能架构，通过终端特征、网络特征、业务特征以及跨域特征四位一体的联合感知以及场景化智能计算与决策，实现用户中心化的精准资源配置。用户编排以用户为中心，实现用户在多层网络中的智能导引和智能调度；网络编排以网络为对象，可实现多制式共享频谱、TDD帧结构、Massive MIMO波束等网络资源的智能分配。该方案已在国内三大运营商开展广泛商用验证，以边缘速率

增强、时延降低以及频谱效率提升充分展现了用户体验以及网络效率方面的双重价值。例如，对于用户编排，当用户使用高清视频业务时，系统会根据其对带宽和稳定性的较高要求，将用户引导至具有更大带宽和更稳定连接的网络频层。这样一来，用户可以享受到流畅的视频播放体验，同时也充分利用了网络资源，避免了资源浪费。据实际测试数据显示，在辽宁、云南、四川、广东等地的商用验证中，用户编排实现了300%+的边缘速率增强和50%+的时延降低，极大地提升了用户体验。

## Cluster DXS

基于智能编排底座进一步创新和打造的Cluster DXS系列方案包括Cluster DSS、Cluster DFS和Cluster DRS。其中Cluster DSS (Dynamic Spectrum



Sharing) 通过基于动态簇的频谱共享, 缓解传统DSS的4G/5G之间的干扰问题, 实现用户体验和频谱效率的双提升; Cluster DFS (Dynamic Frame Sharing) 通过簇级帧共享满足不同场景上下行业务的差异化需求, 实现一网多能, 支撑ToB&ToC多业务融合发展; Cluster DRS (Dynamic Radio Sharing) 实现基于用户体验需求的动态多小区协同。这一创新推动了网络资源策略从以小区为中心到以用户为中心的转变, 为低空经济等新业态发展保驾护航。在低空通信场景下, 5G-A基站依据无人机的飞行轨迹和业务特点, 动态生成以无人机为中心的基站簇, 簇内多小区间进行空域协作发射和接收; 簇间通过协同调度、功率控制等手段灵活降低干扰, 稳定保障无人机高清视频的实时回传体验。Cluster DRS不仅解决了低空无人机通信的瓶颈问题, 也为5G-A网络的用户中心化能力升级奠定了基础。未来, Cluster DRS将在更多领域进行商用实践, 持续推动经济社会数字化、智能化、绿色化发展。例如, 在智慧城市建设中, Cluster DRS可以为城市交通、环境监测、公共安全等领域提供低空覆盖, 实现更加智能化的城市管理。

### D<sup>3</sup>-ELAA

D<sup>3</sup>-ELAA (Dynamic, Distributed and Deterministic-Extremely Large Antenna Array) 方案以用户为中心, 旨在实现用户移动体验零波动, 并面向未来无线技术长期演进。其关键技术包括快速找到用户周边的多个基站, 形成“以用户为中心”的基站簇; 基站簇内的多个小区进行精准联合协作, 通过基站的精准同步、分布式波束赋形等技术形成动态的超大规模天线阵列。

该方案具有多方面优势。首先, 采用分布式基站的动态组网形成超大规模天线阵列, 可基于现网的5G商用设备形成更大规模的天线阵列, 超越单个设备的能力瓶颈, 实现能力和成本的最优结合。其次, 打破了传统移动网络的蜂窝边界限

制, 为用户提供“处处满格”的稳定体验, 确保用户在移动过程中享受到稳定、连续的网络连接。例如在用户移动过程中, 无论处于哪个位置, 都能始终保持良好的网络连接, 保障高清视频的实时回传体验。D<sup>3</sup>-ELAA方案还可以为车联网、沉浸式业务等新应用和场景提供稳定的网络支持。在车联网场景中, 车辆需要实时与周边的交通设施和其他车辆进行通信, 以确保行驶的安全和高效。D<sup>3</sup>-ELAA方案可以为车辆提供低延迟、高可靠的网络连接, 满足车联网的需求。在沉浸式业务场景中, 如虚拟现实游戏、远程医疗等, D<sup>3</sup>-ELAA能够提供无处不在的高速率、低延迟网络体验。

未来, 用户对于个性化服务的需求将愈发强烈。为了满足这一需求, 技术将朝着更加智能、精准的方向发展。例如, 利用人工智能和大数据分析技术, 对用户的行为、偏好、使用场景等进行深度挖掘和分析, 从而为用户提供更加个性化的网络服务。如AIGC (人工智能生成内容) 技术, 能够根据用户的个性化需求生成文本、图像、音频和视频等内容, 为用户提供更加丰富多样的体验。在网络服务中, 可以借鉴AIGC的技术思路, 根据用户的个性化需求生成定制化的网络配置、服务套餐等。同时, 通过智能物联网技术, 实现智能家居、智能医疗、智能教育等领域的个性化服务。

面对上述泛在个性化需求的发展, 用户中心化技术的持续创新需要产业链各环节更加紧密的协同。运营商、设备制造商、内容提供商等可以加强合作, 共同推动技术的发展和應用。运营商可以加大网络建设力度, 提高网络覆盖和性能; 设备制造商可以不断推出更加先进的设备和用户中心化解决方案, 满足差异化需求; 内容提供商可以开发更多适合移动网络的应用和服务, 丰富用户的体验。通过产业链更加深度的协同创新和应用推广共同打造网业融合的未来新体验。ZTE中兴





张诗壮  
中兴通讯无线及算力研究院副院长



周将运  
中兴通讯无线基带方案总工

# 用户中心化网络演进的关键技术洞察

长期以来，以用户为中心的网络一直是移动通信领域的研究热点，受到学术界和产业界的广泛重视。随着新型多样化需求的出现和新技术的发展，以用户为中心的接入网将成为满足未来移动通信系统需求的关键特性。

中兴通讯将“以用户为中心的网络”作为6G的重点课题之一，同时该方向也是中兴通讯国家重点实验室关注的“网媒融合”技术之一，研究成果将陆续融合到5G-A网络中以充分发挥其技术桥梁作用，赋能丰富多样的新场景、新业务。

传统移动通信网络“以小区为中心”向用户提供服务。该服务模式导致用户体验存在不均衡的问题，即在小区中心用户体验好，在小区边缘用户体验快速下降，用户在移动过程中体验波动明显，无法满足低空智能网联、车联网、沉浸式业务等面向6G的新应用和场景对网络稳定体验的诉求。用户中心化网络是保障稳态用户体验的核心路径。

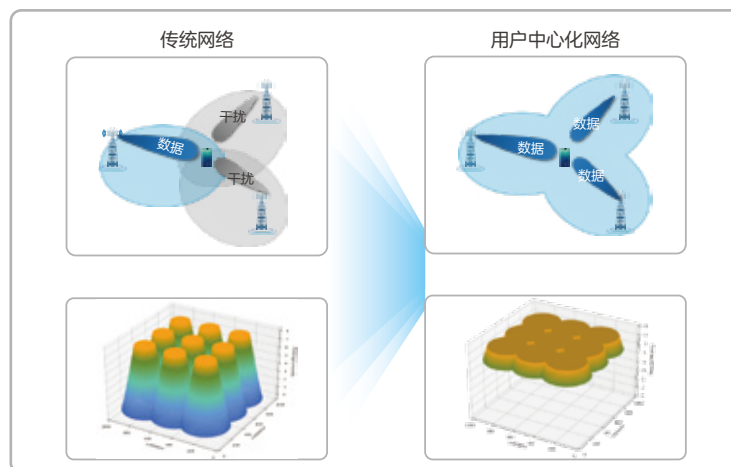
用户中心化网络是一种以用户为核心的网络架构，它打破了传统“以小区为中心”的模式，通过动态调整网络资源和覆盖，确保用户始终处于最佳服务区域。用户中心化网络通过多个TRP（transmit-receive point，传输接收点）之间的智能化协作，在消除TRP间干扰和提高频谱资源利用率的同时，降低了对射频和天线数倍增的硬件

挑战，增强了系统可拓展性和可靠性，从而确保用户在移动过程中享受到稳定、连续的网络连接（见图1）。

经过分析研判，我们认为用户中心化网络演进包括如下五大关键技术簇：多TRP协作的底座技术、多TRP的分布式协作技术、移动性增强技术、智能化组网协作技术和协作架构池化技术。

## 多TRP协作，底座技术先行

将用户作为网络服务的核心，需要多个TRP同时为用户提供服务，因此需要这些TRP节点协同工作，并且协同的效果和集中式基站等同，这



▲ 图1 传统网络与用户中心化网络

需要依赖两大关键底座技术：

- 提升空口校准和同步精度：时间同步是4G和5G通信系统的基本要求，基本时间同步精度要求在 $\pm 1.5\mu s$ 。如果需要多TRP进行协作，则需要将时间精度提升到皮秒级，使得多个TRP之间的时延和相位在一定范围内，否则无法有效合并。空口校准技术通常包括两种方式，一种是TRP天线自校准，另一种是终端辅助的校准。
- 智能管理TRP协作关系：多个TRP协作的前提条件之一要获取其他TRP的资源配置、信道状态等基本信息，因此需要进行协作关系和协作链路的动态管理。以用户为中心的网路中，每个用户的无线条件、业务要求等都会对协作关联和链路产生影响，需要通过智能化方式进行管理。

### 极致化性能，持续增强TRP协作深度

用户中心化网络通过多个TRP之间进行智能化的协作来提升用户体验。在本文中我们按照TRP之间交互的数据类型将协作分为4个等级（见图2）。

- 等级1：TRP之间只进行轻量级的交互，降低干扰影响。
- 等级2：TRP之间实现业务数据的交互，通过多链路的同时接收和发送，提高接收信号的信噪比，增强基站的解调能力。
- 等级3：TRP之间除交互业务数据之外，还进

行空口校准和同步，使得多个TRP间发送和接收数据时实现时间和相位同步，达到功率同向叠加。

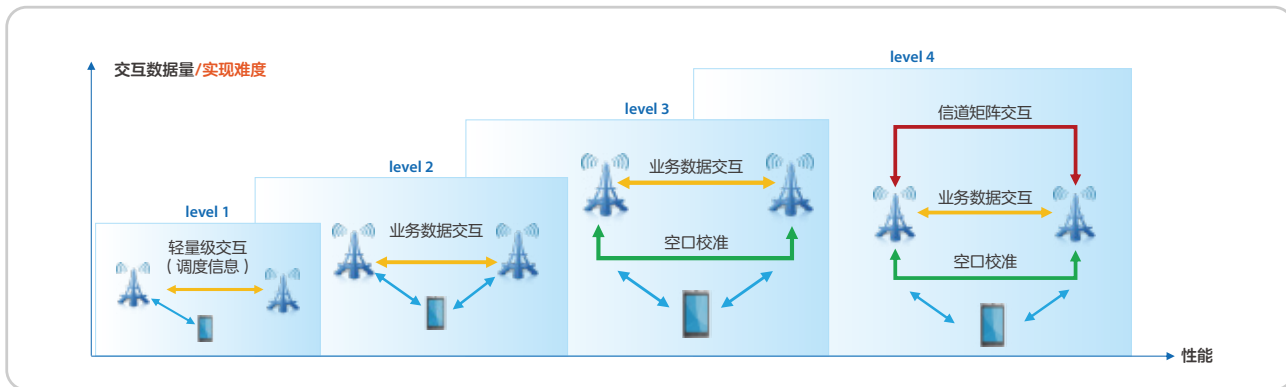
- 等级4：TRP间交互业务数据、空口校准和同步，还增加了空口信道的交互，使得多个TRP实现联合赋形，增加空域自由度，超越单个射频的赋形能力。

从上面的描述不难看出，多个TRP之间交互的数据越丰富，获得的性能提升也就越显著，同时实现的难度也成倍增加。在5G-A和6G通信系统中，我们期望多TRP的协作可达到等级4，通过以用户为中心、多点TRP的极致协作，为用户提供特有的分布式Massive MIMO服务，突破传统小区的边缘限制，使得用户体验具有较好的一致性。同时可根据用户的移动轨迹实时调整协作TRP，因此分布式Massive MIMO架构对干扰的处理具有更多的自由度，从而能提升用户的无线性能。分布式Massive MIMO不仅可以用在大容量的场景，还能用于低时延、低空覆盖等场景。

### 降低切换影响，增强移动性技术

用户中心化网络的目标是无论用户所处的位置，都为其提供统一高效的服务，并保证用户移动时无缝切换。传统的小区间移动性管理都是基于L3测量并由RRC信令触发，UE需要进行完全的小区重配置，导致数据传输中断和较大的信令开销，频繁切换带来的性能影响尤为严重。

因此在移动性增强技术方面，可通过降低切



▲ 图2 多TRP分布式协作技术

换中断时延和提升切换的鲁棒性两个方面降低切换的影响。

#### ● 降低切换时延

在5G-A系统中引入了基于L1/L2触发的跨小区移动性机制(LTM, L1/L2 triggered mobility)。切换决策主要基于L1测量上报、通过L1/L2指令触发小区切换/激活、简化信令配置和基站间的交互协商过程,进而大幅降低切换时延,减少了切换失败等情况。

#### ● 提升切换鲁棒性

在5G标准中已经引入DAPS(dual active protocol stack, 双活动协议栈)和CHO(conditional handover, 条件切换)。DAPS切换是UE侧在切换期间短时间内同时保持与源小区和目标小区连接,直至UE收到目标小区明确的释放指令后才断开与源小区的传输。CHO通过让UE来根据测量结果选择目标基站并发起切换执行过程,降低切换失败的情况。

通过智能化方式或感知辅助通信方式可预测UE移动轨迹,网络可依据更精准的位置信息进行更精细化的波束管理,优化对波束的选择和跟踪,从而提升用户体验。

## 体验实时保障, 基站内生智能赋能智能化组网协作

在传统的服务模型中,服务通常是通用化和标准化的,无法满足不同用户的个性化需求。以用户为中心作为主要特征,5G-A/6G网络具备弹性可重构的智能化组网能力,通过灵活的可重构性来适应不断变化的需求和环境,支持新兴的应用场景和服务模型。

用户中心化网络通过动态检测用户行为和业务需求,自适应地为用户构建灵活的小区。该网络架构具备以下关键能力:

- **智能洞察场景和业务需求:** 网络服务基于用户的地理位置、实时上下文信息和数据,利用智能算法自动调整服务策略,确保用户始终处于最佳的服务状态。

- **用户为中心的协作集智能生成:** 根据用户的实际需求,网络能够动态调整服务区域,灵活构建小区协作集,使得用户和业务能够得到稳定性保障。
- **持续学习与迭代优化:** 通过机器学习和自适应算法,网络可以不断学习用户行为与需求,并逐步优化服务模型,提升对用户需求的理解和服务质量。
- **多样化网络架构的部署与管理:** 不同的用户场景和业务应用对应不同的网络架构,网络能够灵活组织和部署,快速响应新业务需求。通过高效的连接管理和拓扑自适应机制,网络能够根据用户意图和兴趣感知,动态优化资源配置。

## 协作架构演进, 解耦和池化是方向

网络资源(如带宽、存储和计算能力)可以虚拟化和池化,以便更灵活地分配给不同的用户和应用程序。网络能够实时监测和分析网络资源的利用情况,根据用户需求和实时网络状态,感知用户需求的变化,并根据需求进行调整,自动重新配置和优化为用户提供服务的网络侧节点和资源,以提供最佳的网络服务。协作架构池化技术包括基带池化架构和上下行解耦架构。

上下行解耦架构将多TRP的空域资源池化,可以分别根据上行和下行链路最优原则自适应选择上行服务TRP和下行服务TRP,使得上下行体验都达到最佳。另一方面,多TRP池化架构允许某个TRP只支持上行、只支持下行或者上下行都支持,能够灵活应对不同的应用场景、网络需求和业务负载。

用户中心化网络演进将为移动通信开启全新的篇章,为用户创造更加无缝、流畅的通信环境,满足低空智联网、车联网、沉浸式业务等新应用和场景对网络稳定体验的要求,为用户提供“处处满格”的稳定体验,同时为向6G网络的平滑演进奠定坚实基础。ZTE中兴

# D<sup>3</sup>-ELAA： 以用户为中心构建服务新范式， 拓展网络新价值



白炜  
中兴通讯RAN产品方案  
经理



顾军  
中兴通讯RAN产品规划  
总工

随着5G-A的商用和移动AI时代的到来，新的服务和应用场景不断涌现，对用户体验和差异化保障提出了更高要求。中兴通讯创新性地推出了D<sup>3</sup>-ELAA技术，将6G的无边界小区等核心理念在5G网络中率先落地应用，积极推动移动通信网络从基于网络服务策略向以用户体验为核心的转变，赋能更多的应用场景，推动未来网络的持续演进。

## 5G-A亟需从“小区为中心”向“用户为中心”转变

传统的移动通信网络以小区为核心提供“best effort”的服务能力，即用户在小区中心能够享受到最佳的网络性能，但小区边缘的用户由于受到路径损耗和邻近小区的干扰等因素影响，体验显著下降。用户在移动过程中体验波动明显，同时移动过程中的切换更可能导致业务中断和延迟，影响服务的连续性。

随着5G商用网络规模扩大，以及新业务、新场景和新价值发展需求的不断涌现，“以小区为

中心”的通信服务模式难以满足这些要求：

- 新业务发展：随着5G业务的高速发展，以裸眼3D、云电脑、XR元宇宙、超高清直播为代表的业务等逐步进入我们的生活。这些新型业务要求网络能提供更高、更稳定的上下行速率和低时延，以确保用户能够获得流畅、稳定的服务体验。
- 新场景拓展：新时代赋予5G-A网络更高的使命要求，不但要和千行百业深度融合，支撑工业制造、采矿、电力、钢铁、医疗、教育多个行业应用的高可靠、低时延的要求，还需要拓展到车联网、低空通信等新场景，满足自动驾驶、远程控制等业务的确定性网络要求。
- 新价值扩展：5G-A不仅是5G网络演进中的关键阶段，还肩负着实现5G网络商业成功的关键任务，通过5G内生智能的精确识别和用户体验的精准保障，帮助运营商提供丰富的





服务保障套餐，提升用户的ARPU值，如直播套餐、游戏套餐，以及高铁上的速率保障叠加包等形式。将用户的体验需求纳入资费套餐保障中，可进一步推动用户的ARPU值提升，加快加大5G网络潜力的释放，赋予网络持续的生命力。

新业务、新场景和新价值的发展，亟需5G-A网络从传统的“小区为中心”向“用户为中心”转变，构建性能卓越、适应性强的网络，能够在任何时间、任何地点为用户提供一致且优异的服务体验。

## 以用户为中心的服务架构，推动Massive MIMO技术平滑演进

提升网络性能一直是移动通信领域的核心追求。回顾4G时代，MIMO（多输入多输出）技术的引入显著提升了网络容量和性能。中兴通讯在

Pre5G阶段推出的Massive MIMO（超大规模天线）技术，可以在同一时频资源下为更多用户提供服务，显著提升波束赋形增益、空间复用增益和空间分集增益，使得频谱效率得到极大提升，为5G的高性能奠定了基础。

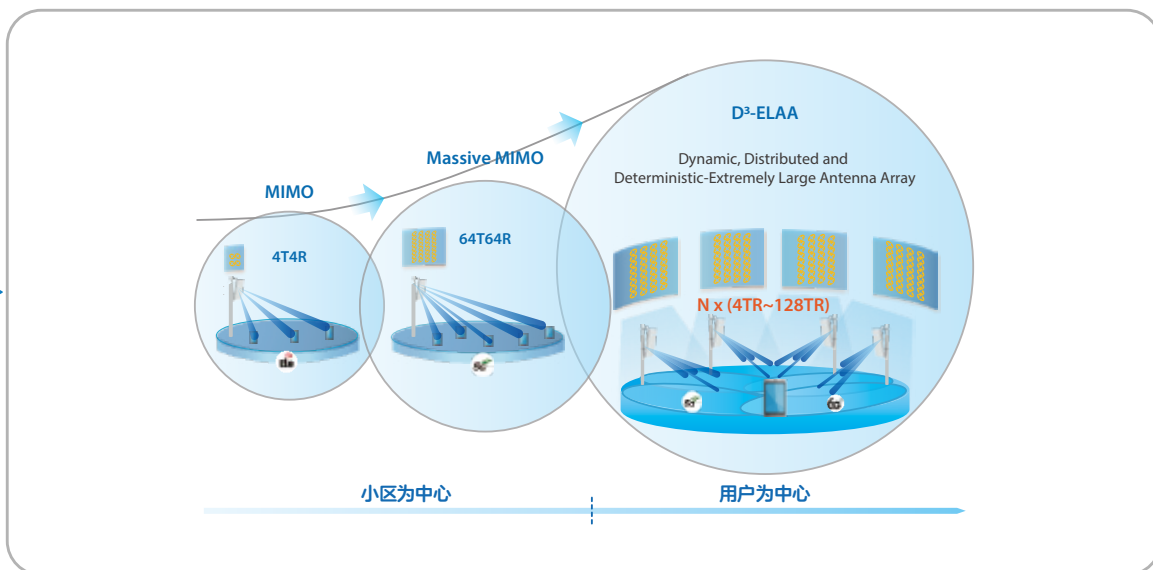
作为5G发展的“下半场”，5G-A需要继续推动Massive MIMO技术向更高的系统性能方向迈进。从Massive MIMO的原理上来看，继续增加基站和用户侧的发射与接收天线数量，是提升频谱效率和发挥Massive MIMO优势的主要方向。但是针对已经商用部署的5G商用网络，运营更需要的是基于已有的商用网络和设备来提升Massive MIMO的能力和性能。

因此，中兴通讯将“用户为中心”和Massive MIMO的技术演进紧密结合，形成D<sup>3</sup>-ELAA（Dynamic, Distributed and Deterministic-Extremely Large Antenna Array）解决方案。D<sup>3</sup>-ELAA解决方案依据用户所在的位置，动态形成网络覆盖，使



相比传统的“以小区为中心”的网络，D<sup>3</sup>-ELAA解决方案通过分布式（Distributed）基站的动态（Dynamic）组网，形成超大规模天线阵列（ELAA），以保障用户的确定性体验（Deterministic Experience），突破传统蜂窝架构的限制，推动网络向用户超稳态体验的方向发展。

图1 MIMO技术的演进和发展



用户始终位于网络覆盖的中心，全方位提升用户体验（见图1）。

### D<sup>3</sup>-ELAA关键技术和能力

相比传统的“以小区为中心”的网络，D<sup>3</sup>-ELAA解决方案通过分布式（Distributed）基站的动态（Dynamic）组网，形成超大规模天线阵列（ELAA），以保障用户的确定性体验（Deterministic Experience），突破传统蜂窝架构的限制，推动网络向用户超稳态体验的方向发展（见图2）。

### 基站内生智能：动态形成小区簇，实现用户中心化

传统移动通信网络中，资源分配策略通常是基于业务类型进行的。如果要转变为以用户为中心的服务模式，系统的资源处理复杂度将大幅提升。

基于5G基站的内生智能，中兴通讯将AI与用户中心化理念结合，动态优化资源分配。例如，通过机器学习，网络能够基于历史数据与趋势，深入分析用户的服务需求，进而预测用户的移动轨迹。基于用户的需求和移动轨迹，网络可以为每个用户生成专属的合作小区簇，确保用户始终处于服务簇的中心位置。同时，基于用户移

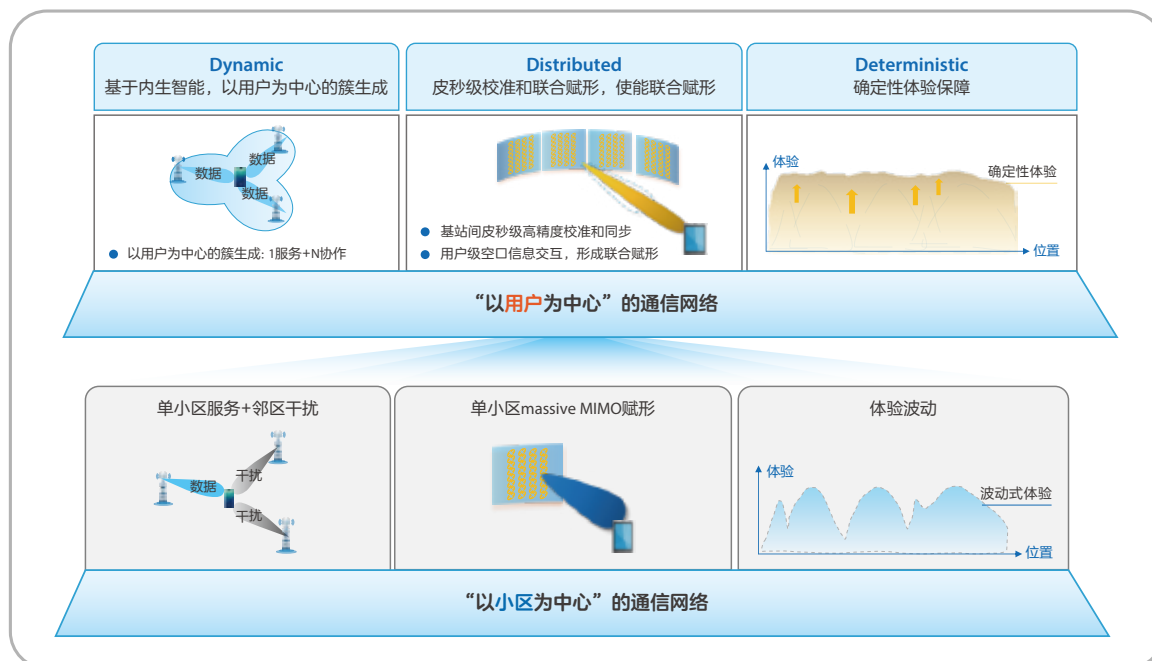


图2 对比传统网络的D<sup>3</sup>-ELAA关键能力

动轨迹的预测, 网络能够动态调整服务簇的结构, 确保用户在移动过程中始终享有稳定的服务体验。

### 分布式Massive MIMO: 增强网络服务能力

在用户的服务簇内的多个基站可以通过协同合作, 进一步提升用户体验。尽管业界已有多种协作方式(如协作调度、联合发送等), 但这种方式主要是减少和消除基站间的干扰。D<sup>3</sup>-ELAA方案将基站间的时间校准精度从微秒级提升到皮秒级, 并通过用户级联合赋形算法, 使得用户簇内的多个基站实现联合赋形能力。分布式部署的多个基站可联合形成更大规模的天线阵列, 在功率、通道数、赋形自由度上都带来明显的增益, 用户体验提升效果显著。

### 确定性体验能力提升

通过用户簇的形成以及簇内协作, 可以大幅度提升用户的服务体验。特别是在小区边缘, 原有的边缘干扰、频繁切换导致的业务中断现象得到了有效缓解, 用户体验得以显著提升, 网络的确定性保障能力也得到了增强。

### ELAA超越单设备能力

D<sup>3</sup>-ELAA方案基于现有的5G商用设备, 能够形成更大规模的天线阵列。在小区边缘, 用户通常能够接收到2个以上邻区的信号, 并且信号强度相对稳定。在这种情况下, D<sup>3</sup>-ELAA通过联合赋形技术, 使得地理上分散的多个基站可以组成超大规模天线阵列。例如, 在重叠覆盖区域, 原有的3个64T64R小区可以联合形成1个192TR的服务体验。这种超大规模的天线阵列超越了单个设备的能力瓶颈, 实现了性能与成本的最佳结合。

### D<sup>3</sup>-ELAA方案, 引领零波动移动体验新征程

D<sup>3</sup>-ELAA将6G的无边界小区概念引入到5G商用网络中, “以用户为中心”深化基站间的联合协作能力, 为用户提供稳定的覆盖和业务体验。从该方案推出后广受业界关注, 并在海内外完成了商用验证, 效果显著。

D<sup>3</sup>-ELAA方案实现强兼容能力, 助力5G商用网络部署“即开即用”。D<sup>3</sup>-ELAA方案将6G的用户中心理念引入5G网络的商用化中, 在方案设





计初期即充分考虑了与现有5G商用系统和设备的兼容性。通过无线设备的智能计算和协同能力的提升，D<sup>3</sup>-ELAA方案能够灵活适应现有的5G商用网络，并完全兼容商用终端，无需终端升级或更换，用户可直接享受到系统升级后带来的显著体验提升。

D<sup>3</sup>-ELAA显著提升小区边缘用户体验，助力运营商“升格行动”实施。在武汉，中兴通讯联合中国移动湖北公司积极响应工信部“升格行动”要求，在武汉工程大学进行了D<sup>3</sup>-ELAA的全国首次商用验证。武汉工程大学已经完成全方位的5G覆盖建设，在少部分5G交叠覆盖区域仍存在网络相互干扰的问题，致使用户体验欠佳。引入D<sup>3</sup>-ELAA技术后，学生食堂、研究中心和宿舍楼等区域的网络速率提升至原来的6倍，用户体验达到“处处满格”的效果。

D<sup>3</sup>-ELAA保障用户稳态体验，支撑5G新套餐。在泰国，中兴通讯联合泰国AIS在SUT ( Suranaree University of Technology ) 大学进行了D<sup>3</sup>-ELAA商用验证，结果显示：用户在移动过程中整体平均体验改善了约2.3倍，特别是在小区边缘的体

验提高了7倍以上，确保用户在移动过程中享有无延迟的云游戏，以及无卡顿的高清视频等高带宽业务体验。泰国AIS已推出了一系列新的服务套餐，其中包括速率提升的高性能套餐、专为游戏玩家设计的游戏套餐以及针对直播爱好者的直播套餐等，旨在根据不同用户的特定需求提供更加个性化的服务体验，D<sup>3</sup>-ELAA方案将助力泰国AIS个性化套餐的推出，提升其用户体验。

过去5年，5G创造了显著的商业价值和社会效益。随着5G-A的商用和移动AI时代的到来，新的服务和应用场景不断涌现，对用户体验和差异化保障提出了更高要求。D<sup>3</sup>-ELAA以服务理念的革新为出发点，通过加强空域协同能力，确保用户在移动过程中享受到稳定、连续的网络连接。

展望未来，中兴通讯将继续在频域、时域等维度进一步引入并强化“用户中心化”理念，赋予无线资源更高的协同能力，持续推动通信行业向着更高质量的体验保障和升级迈进，助力未来通信技术的不断演进。ZTE中兴



# 以用户为中心的Cluster DRS， 全方位打造信息高速公路

2021年以来，中国电信联合中兴通讯提出Cluster概念，应用到频域形成Cluster DSS方案提升用户体验，应用到时域形成Cluster DFS方案，助力5G一网多能。Cluster DRS方案是“Cluster”理念应用到空域，以基于5G商用网络支持低空立体覆盖，满足行业需求，提升用户的超稳态体验。

## Cluster概念引入

传统无线网络一般都采用相同的资源分配策略，包括频谱的使用技术（3G/4G/5G）、上下行时隙配比，以及小区间协作方式（联合接收和发送、切换）等。采用相同的资源配置策略带来一定的优势，主要是网络维护简单、小区之间

干扰低。

随着5G的不断发展，需要面对用户需求不断提升、和千行百业紧密结合、新场景新应用不断涌现等多种挑战。在这个趋势下，继续使用统一的网络服务策略会限制网络能力，无法满足网络发展需求。

在这一背景下，以用户为中心的“Cluster”理念逐步形成。该理念基于业务特点、用户分布等，将具有相同业务特点和业务需求的多个基站组成“Cluster（基站簇）”，相同的基站簇采用相同的资源配置策略，不同的基站簇采用不同的策略，通过差异化的策略提升网络的动态适配能力。

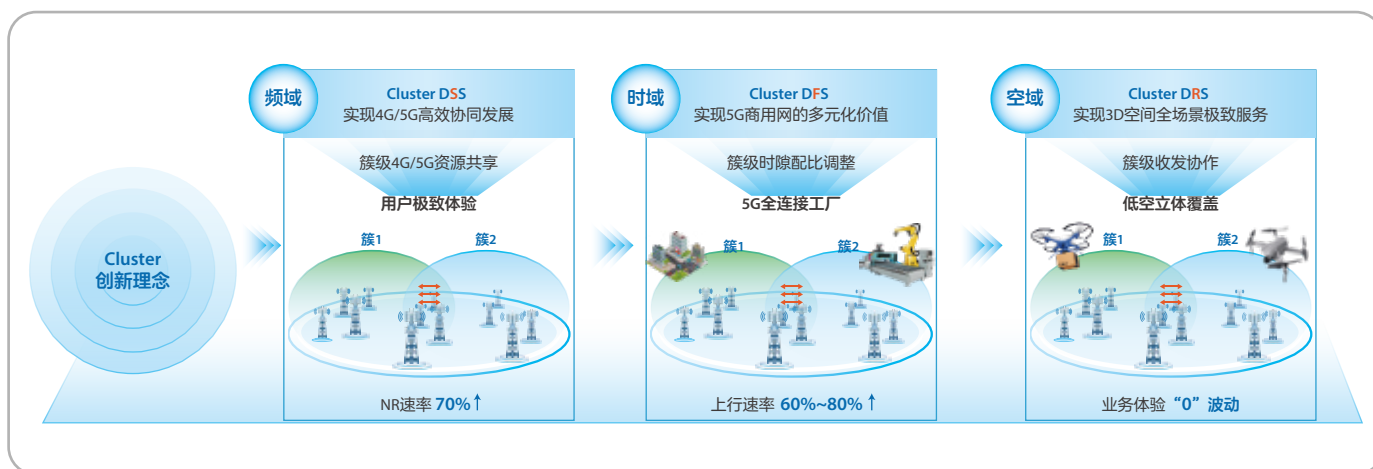
基站簇可以通过在频域、时域和空域方案策略的紧密结合，提升网络性能，挖掘网络价值，如图1所示。Cluster概念应用到频域形成Cluster



白炜  
中兴通讯RAN产品方案  
经理



顾军  
中兴通讯RAN产品规划总工



▲ 图1 Cluster创新理念和系列化创新方案

DSS ( Cluster Dynamic Spectrum Sharing, 基站簇级的动态资源共享 ) 方案, 助力4G/5G频谱共享能力提升; 应用到时域形成Cluster DFS ( Cluster Dynamic Frame Sharing, 基站簇级的动态帧结构 ) 方案, 加速5G全连接工厂数智化转型; 随着低空经济的快速发展, 将“Cluster”理念应用到空域的方案逐步完善, 形成Cluster DRS ( Cluster Dynamic Radio Sharing, 基站簇级的动态波束共享 ) 方案, 赋能低空经济。

### 低空通信对空域协作能力提出高要求, Cluster DRS应运而生

5G商用网络规模不断扩大, 并逐步向ToX领域拓展, 包括低空经济、车联网等新场景、新应用。低空经济是全球竞逐的重要战略新兴产业方向, 已成为促进经济发展的新增长点。无人机已在应急救援、物流运输、农业植保、地质测绘、电力巡检、安全巡逻等多个领域拓展应用, 为城市管理、产业服务提供了巨大的发展空间。随着低空业务和活动逐步扩大化并走向规模应用, 针对无人机的高清视频回传、实时控制等技术成为核心需求。

传统蜂窝组网的覆盖主要受到频段、带宽、天线数量、终端能力等因素的影响, 当用户处于小区的边缘地带, 用户体验通常会变差, 并会发生切换进一步恶化用户体验, 表现为用户的上下行速率波动明显。针对5G低空覆盖, 由于低空信号传播无遮挡, 使得小区之间的交叠更为明显, 小区之间的干扰范围和强度都远高于地面覆盖的情况, 无法保证用户的稳定和实时体验。

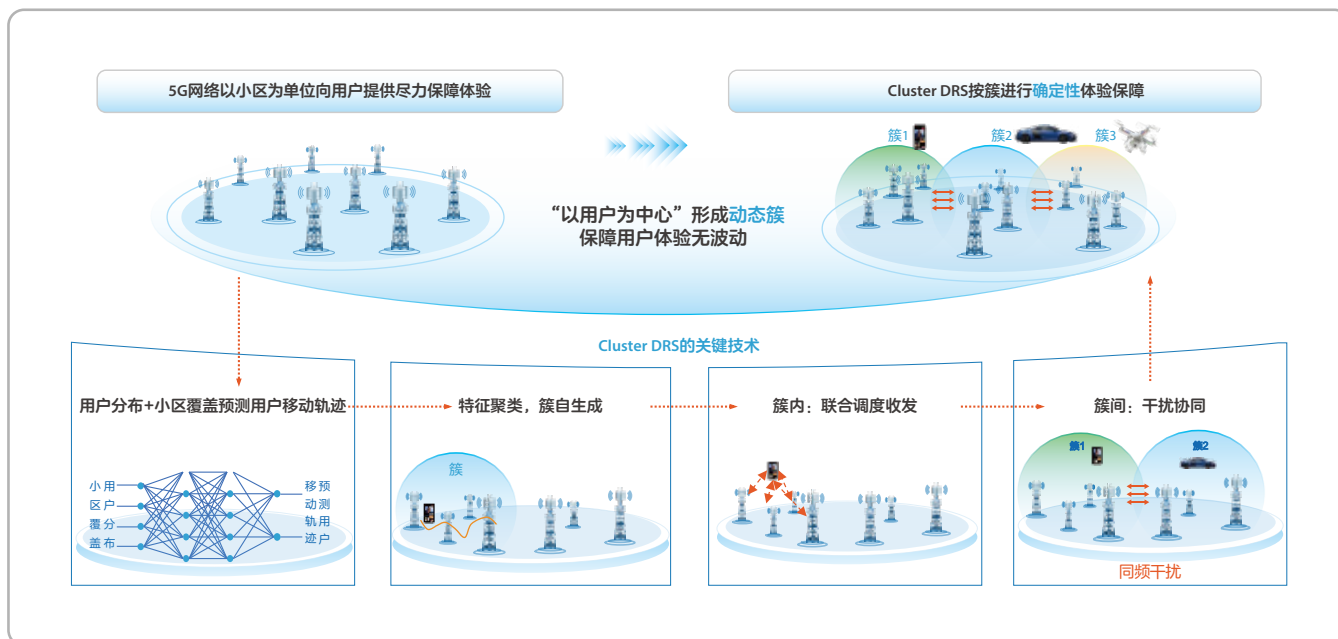
为了更好地满足低空通信的要求, Cluster DRS解决方案应运而生。通过将成熟的“Cluster”簇级资源管理理念从频域、时域进一步拓展到空域, 该方案实现“以小区为中心”到“以用户为中心”的转变, 基于5G商用网络支持低空立体覆盖, 满足行业需求, 助力低空经济全数智化提升。

### Cluster DRS技术原理

随着无人机技术的迅速发展及其在物流、监测、应急救援等领域的广泛应用, 对通信网络提出了前所未有的高要求, 特别是实时数据传输和广覆盖的需求。Cluster DRS方案依据无人机的飞行轨迹和业务特点, 形成以无人机为中心的多小区资源深度协作, 保障无人机的业务连续性和一致性, 实现低空和地面一体化的高效通信模式, 如图2所示。

- 业务洞察: 方案融合基站的“内生智能”能力, 基于深度学习LSTM ( long short-term memory, 长短期记忆 ), 进行无人机的移动轨迹和话务特点的学习和预测。
- 动态生成无人机中心的基站簇: 基于无人机的实时飞行轨迹和业务需求, Cluster DRS动态创建以无人机为中心的小规模基站集群。这种动态配置不仅极大提升了网络资源的利用效率, 还确保了无论无人机飞行至何地, 都能获得最优化的网络连接, 为无人机操作提供无缝的连续覆盖。
- 簇内多小区深度协同: 在每个无人机中心基站簇内加强多个基站之间的深度协同, 实现小区间的空域波束共享。这意味着多个基站可以根据无人机的具体位置和移动方向, 协同调整各自的波束方向和功率, 形成定向且高效的通信链路, 显著提升通信容量和频谱效率, 保障数据传输的高速与稳定。
- 簇间干扰控制: 针对无人机集群作业或密集飞行场景下的干扰问题, Cluster DRS采用智能化的簇间干扰协调策略, 从而使得簇间的相互干扰最小化。这不仅保证了无人机之间以及无人机与地面用户之间的通信质量, 还为无人机高清视频等大数据量业务提供流畅的实时回传体验。

Cluster DRS解决方案通过创新的网络架构设计与智能调度策略, 为无人机应用打开了全新的通信能力, 不仅提升了通信效率, 降低了运营成



▲图2 Cluster DRS关键技术

本, 更为无人机行业的发展注入了强大的技术驱动力, 展示了5G网络在无人机生态系统中的无限潜能。

## 应用实践

Cluster DRS将5G商用网络从地面延伸至低空, 构建高质量的立体空中通信网络, 并已成功赋能多项低空应用。

### ● 赋能智慧公园管理升级

在上海, Cluster DRS方案被作为进一步满足智慧公园的管理升级要求, 并深度探索低空智联的创新方案之一, 在5G商用网络上进行了升级部署。

通过商用Cluster DRS方案的效果对比来看: 在Cluster DRS实施前, 由于低空信号干扰强, 50Mbps的速率保障率仅能达到67%, 4K高清视频容易出现卡顿和马赛克等情况。Cluster DRS功能商用, 50Mbps的速率保障可达97%以上, 25Mbps的保障可达99.4%以上, 无人机的实时视频回传清晰流畅, 大幅提升了数据传输质量和无

人机巡检效率。

### ● 赋能演唱会的安全巡检

在绍兴, 为保障“氧气音乐节”, Cluster DRS被引入并部署在5G现网上助力无人机低空巡检。实测数据表明无人机低空网络的切换次数降低40%~50%, 上行速率提升约30%, 可实现低空稳态4K超高清视频传输。

Cluster DRS的应用, 将优质的5G地面网络覆盖能力延伸到低空300m高度, 相当于给无人机量身定制了低空信息高速公路, 实时保障了无人机的稳定业务能力, 扩大了无人机的应用空间。

Cluster系列化技术基于基站内生智能, 以大数据和智能化相结合的强大技术基座, 在有限的网络资源和不断提升的业务体验之间寻找最优解, 可以依据用户、业务特点, 针对时域、频域和空域进行资源和需求之间的精准匹配, 使得5G网络的支持能力快速响应新应用、新场景的需求, 如车联网、水域覆盖等。基于规模商用的5G网络, Cluster DRS可快速推动新场景的拓展, 满足新业务的发展需求。ZTE中兴

# Cluster DFS打造ToB/ToC

## 融合服务网络



郝育鹏  
中兴通讯无线产品研发  
规划总工

**随**着5G赋能千行百业，5G用户已经从普通用户扩展到行业用户，涉及医疗、教育、交通、能源、工业制造等多元化领域。如何灵活充分地利用好无线网络资源、满足各领域行业需求成为5G网络研究的重要方向。

### Cluster DFS，实现上下行帧结构快速自动调整

从网络实际商用情况可以发现，不同场景数据流量需求是不同的。比如赛事直播场景主要以直播数据采集为主，在实时直播时间段内对UL带宽和时延要求较高，需大上行帧结构，直播时间段结束后以DL业务为主。而在工业制造领域，一些全连接工厂不同区域、不同时段会存在差异化的行业需求，需根据5G行业应用需求进行上下行帧结构快速调整。

为满足上述场景，如果按实际用户和应用需求来手动调整网络规划、网络时频资源分配策略，会耗费大量的人力物力；此外网络资源的分配策略等调整粒度还需要尽可能细化，否则将会对性能有损伤，调整帧结构时域资源同时会引入异帧结构共存导致的干扰问题。

为解决上述问题，中兴通讯提出了Cluster DFS（Cluster Dynamic Frame Sharing）综合解决方案，目标是对网络资源分配策略进行调整，提升资源使用率，保障用户体验。

### Cluster DFS关键技术

Cluster DFS使得一张5G网实现多元化价值，同时满足ToB/ToC需求（见图1）。Cluster DFS关键技术包括：智能话务预测、簇生成、帧结构自适应调整、异帧干扰协同。

首先采用上/下行智能话务预测技术进行业务需求判定预测，不同应用的场景采用不同的方法。如在典型商用场景，可以根据历史业务量预测未来的业务需求，当需求超过预设阈值时进行时隙资源调整。这种方式需要动态检测业务需求变化，且预测有一定滞后性，因此更适合业务需求变化平缓的场景。而对于上下行业务需求有一定时间段变化规律的场景，则可以根据时间段进行帧时隙资源的匹配调整。

然后根据话务预测结果，进行特征聚类，自动成簇。即将业务需求模型接近的站点进行聚类，再结合站点工参的地理位置分布，形成逻辑上的簇。簇可以根据形成后的应用效果进行不断学习更新。簇内业务需求趋同，可以统一进行帧结构对齐调整，满足簇内用户业务需求和体验保障。触发调整的原则，根据话务预测模块的输出建议匹配对应的帧结构建议。

最后，关键要解决簇间异帧交叉干扰问题。簇间异帧结构会造成很严重的交叉链路干扰，3GPP 5G-A中TDD灵活帧结构的研究正是出于解决该场景干扰提出的。为了解决该问题，需采用





▲ 图1 基于业务预测簇级动态帧结

有效的干扰抑制和消除手段，以保障施扰站和受扰站下的用户体验。我们提出的关键技术包括受扰侧slot AMC、eIRC，以及施扰侧CBF。其中时隙级的自适应调制编码（slot AMC）实现了不同slot可以采用不同信道自适应编码方式。受扰/非受扰slot进行AMC自适应，即基站可以根据受扰的时隙位置、强度、信道质量进行动态链路自适应调度，在受扰的slot自动降低码率，可以精确识别和控制干扰对空口链路带来的影响。eIRC技术（enhanced interference rejection combining）是受扰站联合多个微站引入SuperMIMO技术，利用多个分布式天线联合分集接收能力获得额外的干扰消除增益。eIRC联合接收均衡技术提升了信道估计的准确性，利用小区间干扰的强关联性对接收信号进行加权合并，准确抑制干扰，改善系统性能。协作波束赋型（coordinated beamforming, CBF）是利用施扰侧基站的多天线阵列的空间自由度，动态调整发射波束形态，形成对受扰方向的零陷，达到干扰抑制的效果。

## Cluster DFS应用实践

Cluster DFS的预商用效果达到预期，目前已经

在多个场景推广应用。

在场馆直播场景，Cluster DFS已完成亚运会赛场通信保障的实战练兵，满足在线直播、视频监控等各种大上行业务的带宽需求；单用户上行速率可达500Mbps+，场馆内上行吞吐量提升60%+。

在智能制造领域，Cluster DFS应用到5G+全连接工厂，深入企业生产大楼，进入生产线区域，提升上行容量70%+，满足上行业务流量需求高场景，满足仓库区域的移动连接和突发事件对上下行业务流量的灵活需求。

在商业场景，我们在成都凯德广场结合商用业务进行商用验证评估，上行多点速率平均收益67.78%，速率最高达到556Mbps，CBF降噪8dB左右。目前Cluster DFS也在向更多价值场景商用推广，如演唱会、中超联赛等。

随着ToB+ToC融合以及行业数智化转型，各种新兴业务对频谱和资源灵活性需求不断增加，Cluster DFS作为可行的商用解决方案已经得到了充分商用验证。中兴通讯后续将持续扩大商用，并不断优化其性能，提升其服务商用网络的能力。 ZTE中兴

# RRU功率池化， 实现动态呼吸网络



李思军  
中兴通讯无线产品规划  
经理

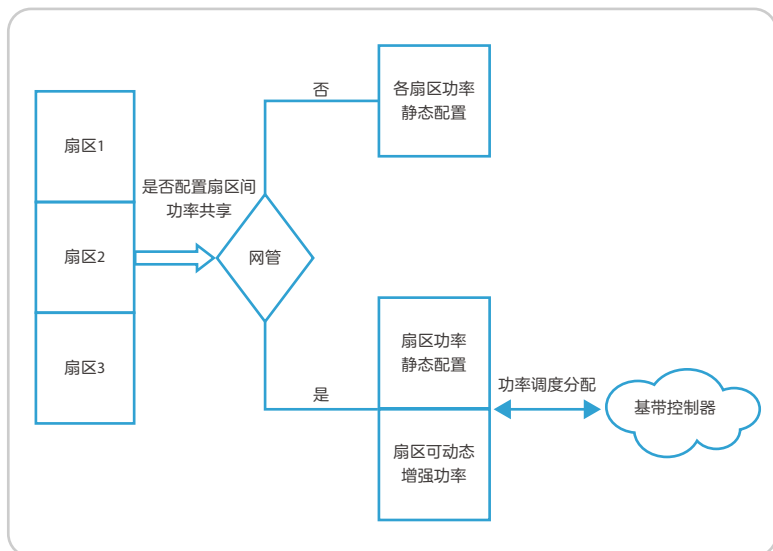
**在** 2G和3G无线通信发展初期，载波带宽较窄，运营商拥有的频谱一般都比较少，基站发射的载波制式和载波数较少，对RRU的机顶输出功率要求相对较低。随着4G和5G业务的发展，载波带宽越来越大，且2G和3G仍然有一定的业务需求，RRU需要同时支持2G、3G、4G、5G，机顶输出功率要求越来越高；另一方面，随着运营商间网络共享的趋势愈发明显，进一步加剧了对RRU机顶输出高功率的要求。更高的RRU机顶输出功率带来设计的困难，同时也会加大RRU成本，这与运营商希望降低设备成本的意愿背道而驰。

在传统移动蜂窝网络中，通信站点通常由3个或多个扇区组成，由于覆盖、用户群体、数量都有差异，同一时刻扇区间的负荷并不完全一致，且随时变化，造成扇区间射频单元RRU的机顶输出功率不均衡，有的RRU机顶输出功率距离最大输出还有剩余，有的RRU已经用到最大。而不同扇区RRU都是独立个体，相互之间无任何物理连接，即使某一RRU有功率剩余也无法转移给需要增加功率的扇区，无法“劫富济贫”。

中兴通讯近些年推出了一系列极简站点解决方案，其中三扇合一的方案尤其受运营商青睐。该方案在业界第一次把多频段、三扇区、4T MIMO结合在一起，组成了一个六边形的全能产品，在全球很多区域已经部署或者即将部署。除去这些传统亮点，该方案在业界首次实现了RRU功率扇区间功率共享，解决了存在多年的扇区间功率无法共享的痼疾。

单RRU硬件支持三扇区，这样扇区间就有了功率共享的物理通道，初步具备了共享的条件。RRU三扇区整机总输出功率可视为一个资源池，各扇区功率都从这个资源池按需获取，实现3个扇区间的功率共享。功率共享带来RRU硬件资源的节省，RRU节省硬件成本20%左右，有效降低了运营商的设备投资成本。

功率共享架构如图1所示，网络由RRU、网管、基带控制器组成，网管上设置共享开关以及每个扇区间可共享的功率；基带控制器则根据各



▲图1 功率共享架构图



功率池化功能，巧妙利用了扇区间业务负荷不均衡的特点，结合RRU三扇合一硬件，把整机输出功率当作一个资源池，通过基带调度器的TTI级灵活调度，实现了功率的“劫富济贫”，最大限度地实现了功率的物超所用，把每一瓦功率都超值转化为比特流量，助力运营商提升网络效益。

扇区各载波的业务负荷进行剩余功率计算，然后把剩余的功率根据业务需要灵活分配给需要的1个或者多个扇区。功率借入的扇区由于发射功率的增大，扇区内用户信噪比增强，单用户吞吐量和扇区总容量可提升10%~20%。扇区间的功率分配可实现TTI (transmission time interval) 级别调整，做到按需分配，确保扇区间功率借得出去，收得回来，不会影响本扇区突发业务对功率的需求。

我们在国内负荷较高的省市和国际负荷较高的几个国家都进行了数据调研，同一站点多扇区业务负荷同时达到最大的情况基本没有，80%以下的站点同一时刻的最大负荷仅为站点理论最大负荷的60%~70%左右。基于这一调研数据，扇区间功率共享的另外一个极致功能就是进行扇区最大额定功率的超配。RRU三扇区资源池总功率不变，超配时可以把某一扇区或者所有扇区的最大额定功率都配置为单扇区的硬件功率上限，虽然三扇区总配置功率超过了资源池功率的总和，但只要整个站点的业务负荷不高，即使某一扇区由于业务负荷很大达到了最大功率输出，但三扇区RRU实际总输出功率也不会超过资源池上限。此功能尤其适用于业务负荷不高的一般城区和乡村场景，基站的覆盖和业务都可以按照各扇区最大功率进行，有效提升覆盖和小区容量，起到了四

两拨千斤的作用。

三扇区功率池化对于三扇覆盖不均衡的特殊场景尤为适用。比如临海站点，覆盖陆地的扇区一般是旅游景点，小区半径不大，覆盖所需功率也远不到RRU的最大额定值；而覆盖海面的扇区则需要尽可能地远，所需功率则尽可能地大。传统方案一般是使用不同功率等级的RRU来应对，单站点出现几种型号的RRU，工程部署上极易张冠李戴，配置开通都不方便。而使用功率池化的三扇区RRU则可轻松应对，比如RRU资源池总功率是100W，则可把3个扇区的功率分为20W+20W+60W，甚至都不用基带调度器动态调整，即可实现三扇区的不均衡功率要求。城乡结合部是另外一个功率需求不均衡的典型场景，功率池化可完美适配，即使后续经济发展，城市外扩，需要调整基站部署、调整小区半径、增加小区容量，也可通过软件调整扇区间的功率配比来解决，硬件无需改动，真正做到了平滑升级，节省了运营商的改造成本和改造时间。

功率池化功能，巧妙利用了扇区间业务负荷不均衡的特点，结合RRU三扇合一硬件，把整机输出功率当作一个资源池，通过基带调度器的TTI级灵活调度，实现了功率的“劫富济贫”，最大限度地实现了功率的物超所用，把每一瓦功率都超值转化为比特流量，助力运营商提升网络效益。ZTE中兴

# 功率随行，极致体验



徐龙  
中兴通讯无线产品研发  
规划总工



吕佩  
中兴通讯RAN产品方案  
经理

**高**铁已经成为中国在世界上的—张亮丽名片，根据高铁规划蓝图，到2025年中国高铁铁路运营里程将达到5万公里。高铁线路覆盖是5G网络覆盖的一个特殊高价值场景，运营商致力于为高铁用户提供更优质的业务体验。高铁5G网络覆盖，要求网络能够实时追踪时速350km/h的高铁用户，并为高铁用户提供连续业务体验；考虑到高铁网络覆盖的特点，中兴通讯创新性地提出高铁RRU功率随行方案，打造极致高效的高铁通信网络。

## 创新的RRU内生功率共享设计

常规的多通道RRU设计，RRU通道都有独立

功率放大器和输出通道，RRU不同通道间功率无法共享。如果可以将闲置RRU通道的功率共享给其他通道使用，就可以更高效地进行RRU通道间功率配置和载波配置，并提升部分通道的下行最大有效发射功率，进而提升小区覆盖。

中兴通讯RRU内生功率共享的创新理念，通过RRU新型硬件设计，突破常规RRU通道间功率无法共享的限制，为RRU功率的灵活使用提供更多可能性。RRU设计时，将RRU 2个通道划分为—组，增加通道间耦合电桥的设计，通过系统软件控制就可以实现RRU 2个通道的功率共享。

以八通道RRU为例，常规八通道RRU设计总功率400W，每个通道最大50W额定功率输出。在RRU内生功率共享硬件设计中，将RRU单通道





最大输出功率提升到了100W。对于八通道RRU，可以将功率汇聚到其中4个通道输出，实现4个通道下行发射功率翻倍，达到 $4 \times 100\text{W}$ ；通过系统设计，也可以实现采用两个八通道RRU组成动态最大 $8 \times 100\text{W}$ 输出的双扇区组网。

## 高铁RRU内生功率共享方案，实现子帧级功率随行

高铁5G网络一般采用单站两RRU扇区的组网方式，而由于高铁列车线性移动的特点，一定时间内只有部分RRU覆盖到高铁列车。结合高铁列车的运行特点，可以将相同杆站上没有或者很少用户驻留的RRU功率共享给覆盖到高铁用户的RRU。同时，高铁线路覆盖时会采用多个RRU小区合并的组网方式，高铁网络需要在一个大的逻辑小区内实现RRU间的功率协同。

中兴通讯高铁场景RRU功率共享方案（见图1），采用RRU内生功率共享设计，根据来车方向UE位置，通过算法与硬件的实时精准配合，实现RRU设备发射功率跟随业务走向的聚焦，实现单侧天线发送功率翻倍的同时，满足 $350\text{km/h}$ 的高速移动特性。中兴通讯RRU功率共享方案在能源的利用上更为合理，通过实时UE位置识别和基站软件控制，实现UE级、子帧级RRU功率共享调整，发挥设备最大能效。

在高铁商用网络中的测试结果表明，中兴通讯高铁RRU功率共享方案，可以实现覆盖增益+3dB，用户下行感知速率提升10%~20%。

中兴通讯高铁RRU功率共享方案采用RRU内生功率共享设计，跟天线系统解耦，可以对接不同天线厂家的常规智能天线，为运营商网络部署提供了便利。

## RRU内生功率共享理念助力多场景网络性能提升

传统的蜂窝组网方案，各扇区RRU独立配

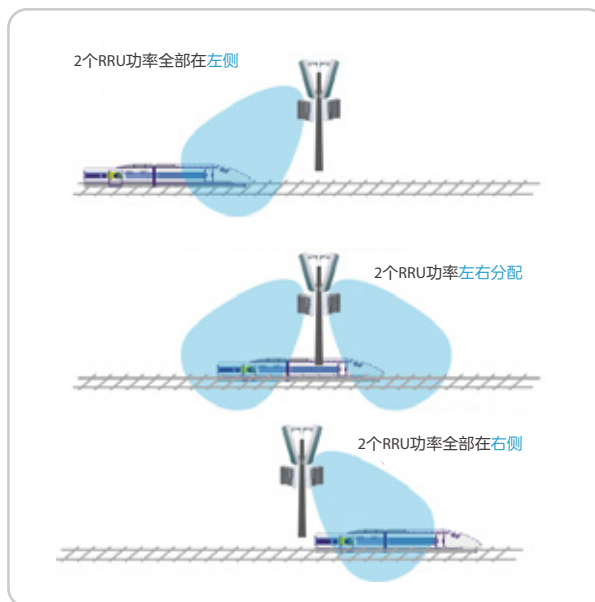


图1 基于来车识别的高铁场景RRU间功率共享方案

置，RRU载波间可以实现功率共享，但不同扇区之间RRU功率无法共享。典型三扇区组网方式，每个扇区发生业务的时间和负荷情况不同，具备做扇区间功率共享的条件。低负荷扇区RRU功率有剩余，如果可以共享给高负荷扇区使用，提升高负荷扇区下行发射功率，可以提升高负荷扇区的下行频谱效率，改善用户感知，提升小区下行容量。

在居民区覆盖、地铁覆盖、低成本覆盖的一些场景，经常采用四通道设备进行区域覆盖。在这些场景中，可以只使用功率共享RRU的部分通道或将8通道RRU劈裂为2个4TR小区使用。对于只使用RRU 4个通道的场景，可以将空闲4个通道的功率汇聚到工作的4个通道使用，实现4个发射通道功率翻倍，提升覆盖和频谱效率。对于单个RRU劈裂为2个4TR小区的场景，可以根据2个4TR小区的负荷和覆盖不同，实现RRU功率在2组四通道之间的共享。

中兴通讯功率随行方案，采用RRU内生功率共享设计，在射频和基站软硬件方面都进行了创新实践，秉承绿色网络理念以及扩大产品兼容性的理念，对于未来网络整体性能提升做了有益探索。ZTE中兴

# 双核驱动：用户中心化与绿色节能 引领5G-A新时代



**郭诚**  
中兴通讯无线产品规划  
总工



**范英鹰**  
中兴通讯RAN产品方案  
经理

**随**着全球气候变化的加剧，极端天气事件频发，全社会对绿色低碳发展的呼声越来越高。数字技术对碳中和具有重要赋能作用，在应对气候变化进程中扮演着重要角色。在通信领域，随着5G-A时代的到来，解决能耗问题不只节能一方面，还要兼顾业务发展和用户体验，这意味着在节能功能应用于网络时，需要以用户的实际需求、使用体验为核心，在确保用户的网络体验不受影响的同时，尽可能降低每比特所需能耗。

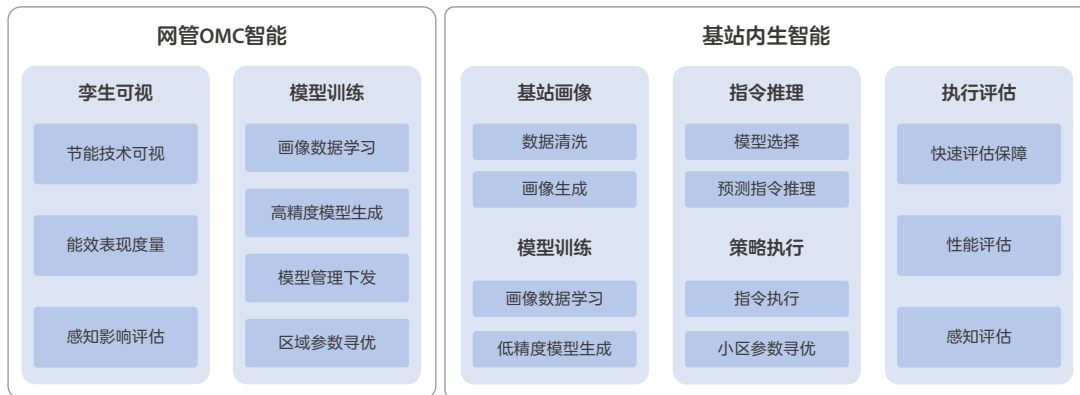
## HI-RAN：网管训练+基站推理提升节能效率

无线网络基站节能技术依托时域的符号关断、

频域的载波关断、空域的通道关断、功率域的下行功控、设备域的深度休眠和极致休眠等多维度解决方案实现了创新发力，但由于存在多制式多频组网、业务场景繁杂、用户感知需求差异等客观因素，使得节能方案难以“一站一时一策”精准高效落地。

中兴通讯HI-RAN ( Hybrid Intelligent RAN ) 节能解决方案，通过无线网络网管与基站网元内生双层算力，将AI三要素（数据标注、模型训练、指令推理）进行了分布式架构设计（见图1），构建网管模型训练+基站近端推理，即通过预测寻优、自主编排、多频协同、孪生可视等多项创新技术，实现无线网络能耗压降、能效提升、感知无损的目标。

方案通过收集到的网络指标和能耗数据，实



▲ 图1 HI-RAN双层分布式架构设计

现业务负荷预测功能，并根据业务或无线网络指标的变化触发合适的节能策略：

- 业务负荷预测分析：深度学习基站小区级业务负荷预测，筛选低负荷节能小区；
- 业务分流能力分析：通过实时测量报告分析筛选节能共覆盖小区，通过共覆盖小区负荷趋势预测，选择最优分流（覆盖补偿）小区；
- 节能策略自配置：依据策略规则（关断阈值、时间段、时长、节电类型等），生成节能策略；
- 策略迭代自优化：通过对网络话务、节能效果和KPI趋势进行大数据分析，强化自学习，在线不断迭代优化，最终达到节能和系统性能的最佳平衡点。

为了避免话务突发或者用户感知的下降，实现节能功能激活期间“零投诉”，基站需要快速进行网络性能恶化识别，对节能策略进行实时调整。基站在“节能前、节能中、节能后”三个阶段实现近端实时监测，通过“实时性、事件性、周期性”性能保障方案，确保节能区域内网络性能指标稳定。

- 节能前：在节能前，监测节能小区和基础覆盖小区的控制面及业务面指标，未达成设定目标的前提下，不发起小区禁止接入流程。
- 节能中：在小区禁止接入及用户迁移期间，监测控制面指标，若性能指标超出预期范围，则退出节能状态。
- 节能后：在节能生效后，监测基础覆盖小区的控制面及业务面指标，若性能指标超出预期范围，则退出节能状态。

## 用户中心化：基于业务体验的节能技术增强

移动互联网的迅猛发展催生了多种业务形态，如视频流媒体、在线游戏、社交媒体、电子商务等。在这一过程中，无线基站肩负着重要的

责任，不仅要确保整体网络的稳定性和可靠性，还要保障各类型业务的高质量体验。这对于基站的业务感知能力提出了更高的要求，需要基站为AI模型提供计算能力、存储能力等。通过在基站内部署算力，如新增智算板的方式，可为无线网络AI应用提供硬件能力。

基于业务体验的节能技术增强，通过基站算力采集业务数据，跟踪热门应用数据传输特征，并迅速响应热门应用特征变化，确保重点业务的高感知率，实现APP级节能功能的升级。

对于时延敏感型业务，如实时视频通话、在线游戏、云端会议等，用户对网络时延和数据传输稳定性要求极高，即使是几毫秒的时延增加，都会导致画面卡顿、音频不连续或游戏响应延迟等问题，对用户体验产生负面影响。基站系统在处理这类业务时，为了避免网络时延的增加，会设置较小的数据联合调度时延门限，甚至在必要时完全不进行数据联合调度，以确保数据能迅速传递给用户。这种方式能够保证实时业务的流畅性，同时兼顾网络的稳定性。

时延不敏感型业务（如文件下载、大数据同步、系统更新等）对网络时延的要求较低，用户不需要实时获得数据反馈，这类业务为节能提供了更大的空间。在处理这类业务时，网络可以采用更灵活的节能策略。基站系统可以为这类业务设置较高的数据联合调度时延门限，即允许更多数据包在一段时间内聚合后再统一发送，从而增加符号关断的时长。这种方式可以极大降低功耗，提高系统的整体能效。

未来的无线通信网络将面临更大的挑战，随着全息通信、智能交互、数字孪生等新型业务的需求不断增加，网络流量的爆炸式增长将带来更多的能耗压力。智能化的节能策略部署叠加用户中心化的节能技术增强，未来通信网络将能够在极大提升网络效率的同时，降低整体能耗，推动全球数字化经济向低碳、智能化方向发展，为无线网络“净零碳”提供有力支持。ZTE中兴

# 以用户为中心的频谱融合方案



米德忠  
中兴通讯研发规划无线  
总工

2024年伊始，5G-A的代表技术3CC（三载波聚合）在国内率先规模部署。中兴通讯联合国内运营商和产业链伙伴先后在浙江、上海等多个外场环境下实现3CC峰值速率超5.4Gbps，为5G-A商用奠定了坚实的基础。为了满足扩展现实（XR）和超高清视频等新型应用更高速率要求，通过高低频融合用户速率进一步提升，中兴通讯联合国内运营商基于商用芯片通过低频段100MHz带宽与超高频800MHz带宽的多载波联合发送实现下行峰值速率达9Gbps的新突破。截止目前，国内各主流区域均已部署3CC，累计开通超10万小区，涵盖热点景区、CBD、高校、商超、高铁和地铁等。

在下行速率不断取得突破的同时，随着超高清视频直播等业务逐渐成熟，上行容量要求也越来越高，但受限终端能力，一直以来上行速率成为限制用户体验进一步提升的瓶颈。中兴通讯多载波融合方案通过上行多载波叠加UL Tx switching时分发送技术，并结合灵活帧结构配置实现上行速率不断突破。2024年4月，中兴通讯在北京外场实现上行峰值达1.2Gbps，不仅大幅提升用户上行体验，也验证了新技术在提升网络上行传输效能方面的巨大潜力。

现有多载波技术通过多载波的联合发送对于用户高速业务体验提供了有力的保障。但聚合载波相互独立，调度灵活度较低，随着聚合载波增多，冗余开销大的问题更加突出；此外，面对多样化的载波组合和发送模式，亟需智能化的多频融合发送方案保障用户体验的平滑性和高效的频谱利用率。为此，中兴通讯引入以用户为中心的

频谱融合方案，进一步优化频谱效率，提升用户体验。

## 频谱池化提升频谱效率

随着2G/3G/4G频段重耕、新频谱的发放，以及运营商网络融合的深入推进，5G频谱资源更加丰富，频段范围从低频700MHz/800MHz/900MHz到超高频26GHz/28GHz，载波带宽从10MHz到400MHz，更多频谱聚合为速率体验提升提供了基础保障。但由于聚合载波公共信息独立发送，随着载波数增多，冗余开销问题愈加突出，相互独立的调度方式使得控制信息冗余问题普遍存在，而且这种各自独立的调度方式也无助于解决各载波控制信道质量不均衡和资源不足问题，亟需优化现有多载波方案下频段的使用模式，化繁为简，提升频谱效率。

中兴通讯以用户为中心的频谱融合方案引入频谱池化核心技术，针对同一频谱池内的各载波公共信道和控制信道共享，降低冗余开销，并提升调度灵活性。具体来说，引入基于Single DCI的多载波联合调度方案，通过多载波控制信道共享降低冗余开销，同时多载波联合调度也解决了载波间控制信道资源不平衡的问题，提升调度灵活性；进一步，针对池内多载波引入SSB-less技术，通过池内SSB/SIB等公共信道共享，减小载波间重复发送，从而降低公共信道开销（见图1）。引入上述频谱池化技术后，频谱利用率和用户体验获得大幅提升，用户体验提升10%~30%。





针对多载波场景，中兴通讯以用户为中心的频谱融合方案引入基于内生智能的载波组合和发送模式优选，实现用户体验和小区谱效双优。

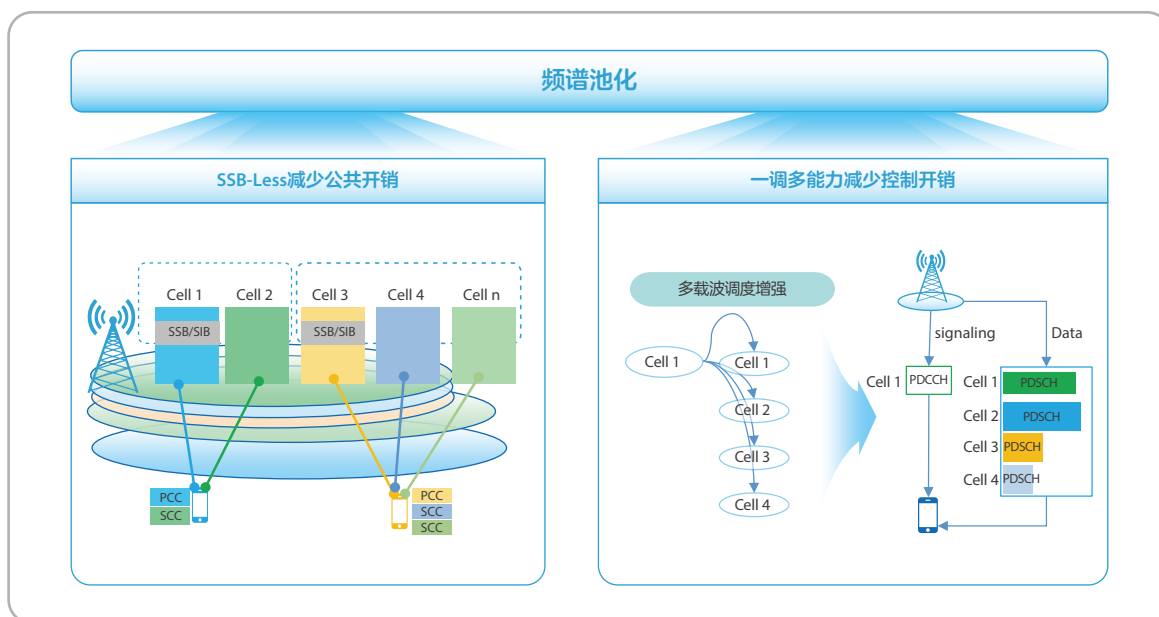


图1 频谱池化原理

## 载波智聚，提升用户体验

随着载波聚合规模部署，多载波逐渐成为用户的主要工作模式，以单载波优选为用户编排需要进一步扩展到多载波场景，以满足多载波场景下最优聚合和更高速率的需求。针对多载波场景，中兴通讯以用户为中心的频谱融合方案引入基于内生智能的载波组合和发送模式优选，实现用户体验和小区谱效双优。

方案以用户需求洞察为核心，基于基站内生识别能力，精细化识别用户/业务类型，以终端能力/载波配置/载波负荷/信道条件为输入，通过多维数据建模，对UE在不同小区上的潜在载波组合和发送模式进行用户级速率体验预估，基于预估结果为用户匹配体验最优的载波组合和发送

模式，获得确定性的体验保障。

随着网络从5G到5G-A以及未来向6G演进，大量新业务、新场景、新应用、新生态不断涌现，同时频谱方面伴随着现有频谱的释放和新频谱的挖掘，频谱差异愈加明显，这就要求现有多载波方案不断优化，从而满足用户的差异化需求。

中兴通讯以用户为中心的多载波融合方案打破传统的频谱资源配置和调度的约束限制，克服了现有多频段组网技术灵活度低的问题，根据业务需求/载波能力/信道质量等情况，支持高中低多频段资源智能编排组合，通过跨层解耦、跨频段解耦、上下行解耦，激发频谱灵活性，提升频谱效率，满足用户差异化需求。ZTE中兴

# 场景化智能保障， 助力5G用户体验升级



**王军涛**  
中兴通讯RAN创新交付  
总监



**辛胜利**  
中兴通讯网研院副主任

**随**着5G技术的普及，用户对网络的需求日益多样化，尤其在短视频、云游戏和扩展现实（XR）等领域。这些应用对速率、时延、带宽和可靠性提出了更高要求，给运营商带来了新挑战。为确保用户体验，运营商需有效管理和优化网络资源。在基站引入智能算力板，增强AI算力，满足内生智能应用的计算需求，可持续提升无线接入网在流量处理、用户体验、能效、频谱效率和感知等方面的表现。通过精准分配资源、智能调度和个性化用户体验保障，运营商能够全面提升服务质量，确保用户在复杂应用场景下获得更稳定、优质的网络体验。

## 智算板在无线接入网中的应用

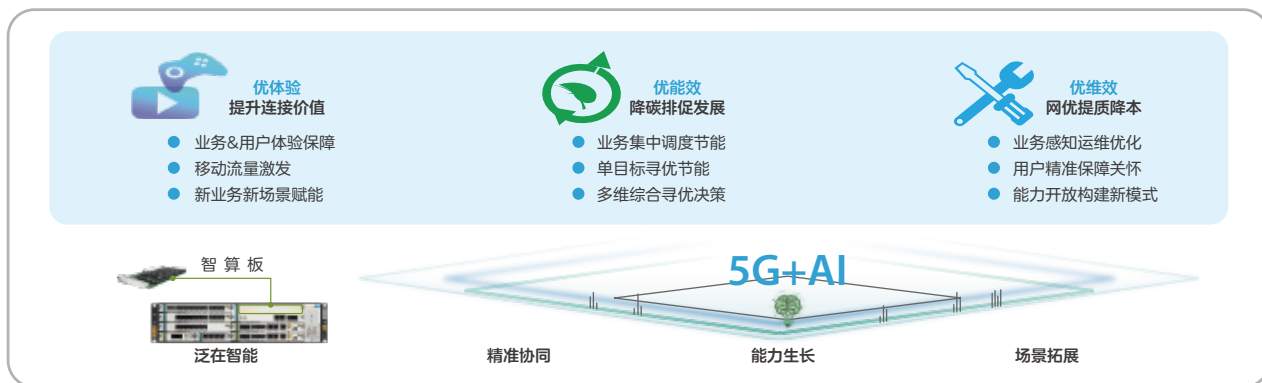
智能算力板作为无线网络通用算力资源，通过深度业务识别和AI技术，实现资源智能化管理，动态感知需求并优化调度策略，优先保障时延敏感业务。智能算力板实时关联KQI/KPI指标和

秒级体验评估，助力网络性能优化，同时提升服务质量，节能降耗，提升运维效率，推动无线接入网向智能化和绿色化发展（见图1）。

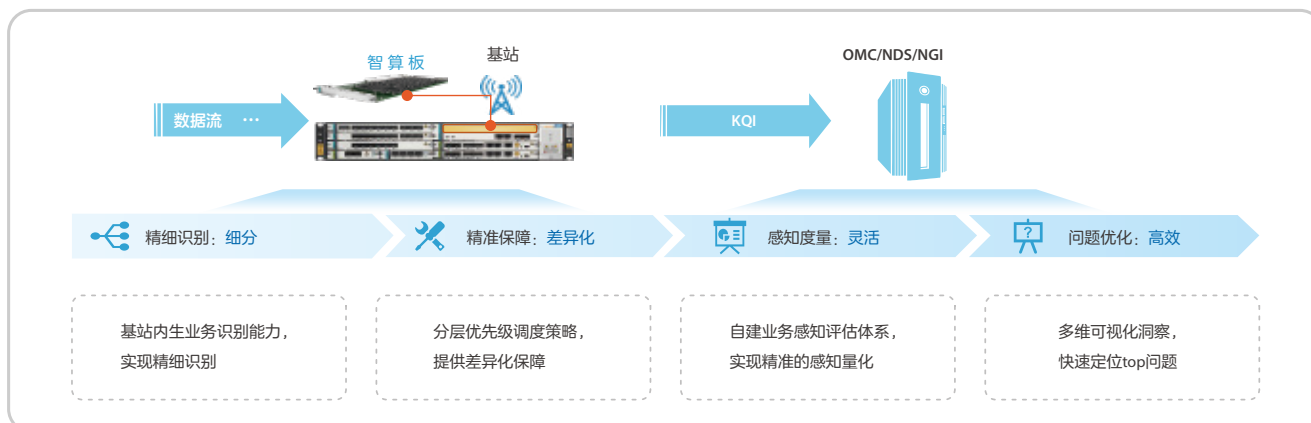
### 优体验，提升连接价值

在传统的网络用户业务保障中，运营商通常依赖于5QI QoS分级保障机制，采用提高调度优先级的方式来区分不同业务类型的保障等级。然而，这种方法在面对复杂的网络需求时往往显得力不从心。通过引入智能算力板，基站能够利用深度识别与分析特征库，实现对16000+协议和应用的识别。这使得基站可以为每种应用提供定制化的保障策略，从而实现差异化服务。

通过将识别后的业务映射到不同的业务类型，运营商可以灵活选择调度优先层级或保障速率，使网络更好地适应多样化需求；同时针对时延敏感的业务，提取调度路径以减少调度时延，确保关键应用在高负荷情况下保持稳定的网络连接。通过感知用户行为和流量需求，基站能够智



▲ 图1 智算板场景价值



▲ 图2 智算板业务保障流程

能引导用户流量，避免网络拥堵，提升整体用户体验。基于智能化深度识别和分析的保障策略，不仅能有效提升用户体验，还能显著提高网络的连接价值，帮助运营商在竞争中占据优势。

### 优能效，降碳排促发展

在全球倡导可持续发展的背景下，提升能效和降低碳排放已成为运营商的重要任务。基于业务识别的差异化集中调度，不仅节省能源，还降低因空帧静默和攒包机制带来的数据包时延。通过精准业务过滤，运营商能有效避免不必要的时延增加。

智算板引入精细化业务识别，实现业务级体验节能协同，应用差异化节能策略，以平衡节能与性能。例如，攒包调度功能根据业务特点进行差异化部署，设定功能使能和攒包时延门限。在网络低负荷时，基于时延信息自动退出不可调度时隙，关断无效资源，从而优化资源使用效率并减少能耗。智算板的AI技术使网络资源管理更加智能化，通过实时分析用户行为、业务需求和网络状态，AI能够预测网络负荷并动态调整资源分配，推动绿色发展的目标。

### 优维效，网优提质降本

基站智算板通过创新的无线单域轻量化感知体系，实现无线感知运维，推动网络优化和成本降低。

- 基站实时关联业务关键质量指标（KQI）和网络关键性能指标（KPI），确保数据准确性达到100%。
- 针对每次用户业务通话进行QoE体验的秒级切片评估，帮助运营商快速识别并解决用户体验问题。
- 感知数据按栅格和网络维度汇总，结合地理环境对质量差的根因进行综合分析，提升运维精准性和有效性。
- 提供多级VIP保障和重大保障方案，确保关键时刻网络稳定性。

基站智算板在网络优化、提升质量和降低成本方面发挥了重要作用，为运营商提供了强有力的技术支撑。

### 智算板场景化应用

不同应用场景对网络服务的需求差异显著。短视频和云游戏用户需要极低时延和高带宽支持，而智能制造和车联网则对网络的可靠性和稳定性要求更高。智算板的AI技术通过对16000+细分应用的精准识别，为每种应用提供定制化保障策略，确保ToB和ToC用户在高负荷情况下依然享有稳定的网络服务（见图2）。智算板还构建了无线侧感知评估体系，将网络KPI与业务体验关联，实现对用户体验问题的精准优化。

- 政务中心场景

在政务中心，保障政务APP、微信和支付宝等关键应用的稳定运行至关重要。智算板利用AI技术实时识别应用流量并进行调度，确保在高负荷情况下政务应用优先获得资源，提供流畅的政务服务。通过室内外异频协同和动态呼吸网络，智算板优化流量增益和整体网络效率；基于AI的动态资源调整机制可最大化流量增益，并在KPI恶化时智能触发覆盖回退，确保网络稳定。智能化管理显著提升政务中心的网络保障能力，为用户提供更顺畅可靠的网络体验。

#### ● 高校场景

在高校场景，由于用户数量庞大，宿舍区域的传统宏覆盖网络常面临拥塞压力。智算板通过自动识别和优先保障关键应用，确保在高负载环境下用户仍能获得良好的网络体验。系统优先支持在线学习和科研应用，限制低价值流量，以优化网络资源利用。此外，智算板利用新套餐用户标识动态优化资源调配，提升频谱效率，满足学生多样化的网络需求。通过小区画像分析，系统实时判断流量抑制程度，自适应调整调度算法，在流量压力较大时有效提升频谱效率，推迟网络负荷拐点。此智能化网络管理策略帮助运营商更好地应对高校网络需求高峰，提供更优质、稳定的服务体验。

#### ● 医院场景

在医疗场景中，节假日和平日用户量差异明显，用户高峰集中在早上8点至下午3点，常出现扫码支付、即时通信和医保APP等业务的网络拥堵，导致用户投诉。智算板通过智能技术保障关键医疗应用的网络稳定性，确保支付和诊疗等服务顺利进行。系统提供多维可视化分析，实时监控网络状况，优化微信等常用应用的用户体验，帮助运营商快速识别和解决潜在问题。通过智能化管理，智算板提升了网络决策效率，使运营商能有效应对高峰期网络压力，确保医疗业务流畅稳定，优化用户体验。

#### ● 商圈和景区场景

在商圈和景区等高密度场景中，用户集中和

高话务量导致明显的潮汐效应，短视频业务占据主要流量。为应对这一挑战，AI技术实时感知用户行为和流量需求，提供精准网络保障，确保高价值用户获得优质体验。智能MIMO技术通过优化波束选择和用户配对，提升频谱效率和网络容量。此外，智算板AI在信道状态信息反馈增强方面的探索，为网络性能提升提供新机遇。这些技术将促进商贸数字化服务的高效构建，帮助运营商满足用户在短视频、直播和即时通信等多样化需求下的高标准网络体验。

#### ● 地铁场景

在地铁场景中，客流潮汐式波动要求网络具备动态管理能力，尤其在早晚高峰时段，要确保稳定性和可靠性。AI技术的应用能有效提升用户体验，特别在检票口和安检区，通过智能优化提高扫码效率，加速通行。车厢和隧道中，用户对即时通讯和视频播放的需求高，对网络速率和稳定性提出严苛要求。通过加强网络协同保障，可在高需求场景下提供顺畅连接，显著提升整体服务质量，满足用户对网络体验的高标准期待。

#### ● 高铁场景

在高铁场景中，网络保障需快速响应和强技术支持。智算板可提升高话务和快速移动环境中的网络质量，确保用户体验。通过实时识别业务类型，智算板提供定制化保障策略，及时调整应对流量变化。系统自动触发自愈机制，保护VIP高铁用户的服务体验。同时，对视频业务配置不同的平均比特率限速，优化其他业务的感知质量。地理化栅格数据展示使网络管理人员直观监控和优化网络状况，确保服务的连续性和稳定性。

智算板的应用显著提升了无线接入网的智能化水平。通过精准资源调度、实时负荷预测和智能故障修复，运营商能够优化网络性能，并为用户提供更高质量的网络体验。未来，无线接入网将更加智能化，灵活适应不断变化的业务需求和网络环境，进一步推动5G网络的应用与发展。ZTE中兴



# 以用户为中心的 无蜂窝大规模MIMO网络架构

**当**今数字化时代，为了应对移动数据流量呈指数级增长的趋势，网络基础设施的致密化成为关键策略，主要表现为超密集网络（UDN）以及大规模多输入多输出（mMIMO）技术的发展。在这种组网方式中，小小区干扰成为一个突出的难题。随着蜂窝密度的增加，相邻小区之间的干扰愈发严重，影响了数据传输的质量和稳定性。此外，UDN还导致了服务质量波动，不同区域的用户可能会体验到截然不同的网络性能，这对用户在网体验造成了较大影响。

为了解决这些问题，以用户为中心的无蜂窝大规模MIMO网络（cell-free massive MIMO，以

下简称CF-mMIMO）架构应运而生。

## 当前网络的挑战

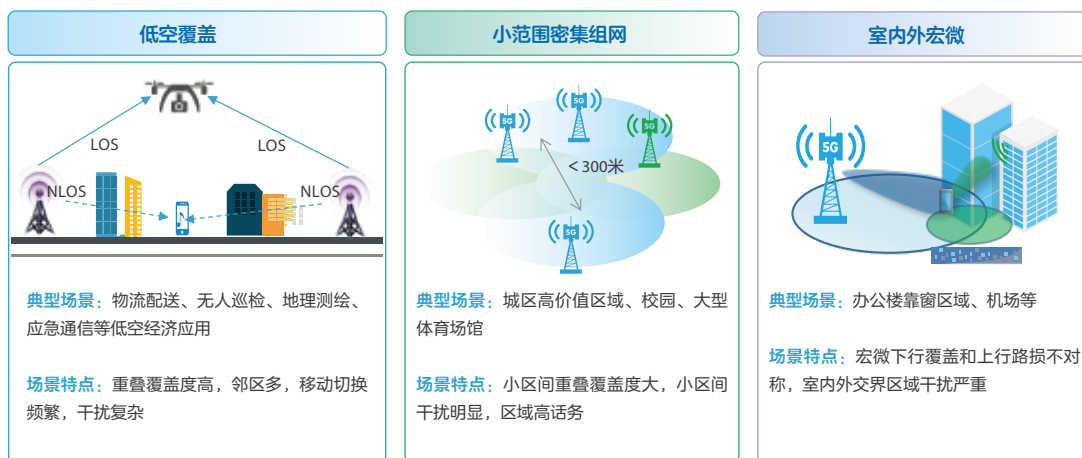
在当前现网之中，存在若干覆盖重叠度高、上下行干扰大且用户体验不佳的典型组网场景，如小范围密集组网、室内外宏微协同、低空覆盖场景，这些场景正是以用户为中心的CF-mMIMO网络架构的应用场景（见图1）。小范围密集组网场景，典型代表包括城区高价值区域、校园以及大型体育场馆。在此场景下，小小区重叠覆盖程度较大，小小区干扰显著，并且区域话务量高。室内外宏微场景，典型场景涵盖办公楼靠窗



**陈东**  
中兴通讯无线产品系统架构师



**陈建军**  
中兴通讯无线产品系统架构师



▲ 图1 以用户为中心的CF-mMIMO网络应用场景

区域、机场等。该场景的特点为宏微下行覆盖与上行路损不对称，室内外交界区域干扰严重。而随着低空经济成为国家新质生产力的典型场景之一，低空覆盖场景也越来越多。在低空覆盖场景中，无人机上行信号能够被更多地面同频邻区接收，同时无人机相对地面也能接收到更多同频邻区信号，上下行干扰更大。此外，还存在因低空旁瓣覆盖而导致的频繁切换和越区覆盖问题。

### 无蜂窝大规模MIMO网络架构的优势

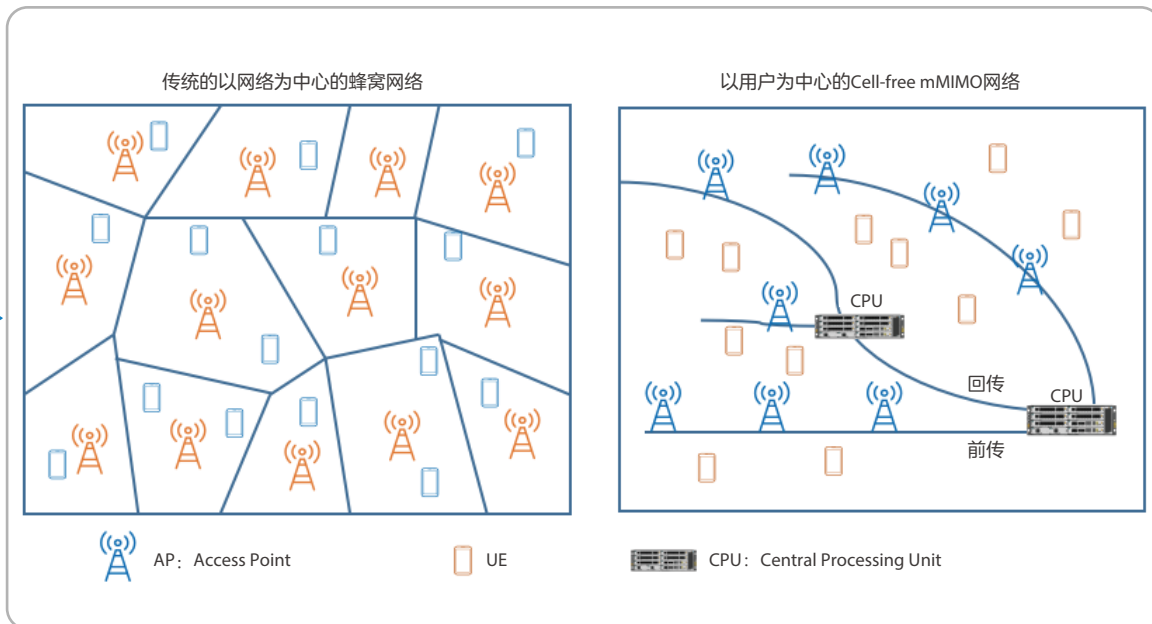
在CF-mMIMO网络中，每个用户都被视为中心，通过分布式天线单元的协同工作，为每个用户提供个性化的服务，实现更高的频谱效率、能量效率和更好的用户体验。传统蜂窝网络和以用户为中心的CF-mMIMO网络对比如图2所示。

- 消除小区边缘问题，扩大网络覆盖范围  
传统蜂窝网络中存在小区边缘问题，信号在边缘区域往往较弱，影响用户的通信体验。而在CF-mMIMO网络中，网络根据用户的位置、业务需求和信道条件动态地为其分配一个协作服务的收发射机集群，可以有效消除信号盲区，确保无

论用户身处何处，都能接收到稳定的信号。这种全面的信号覆盖不仅提高了网络的可用性，还为用户提供了更加可靠的通信服务。

- 实现精确控制与干扰抑制，降低干扰水平  
在传统蜂窝网络中，干扰是影响通信质量的一个重要因素。CF-mMIMO网络通过协调控制分布式天线节点的信号发射，减少信号传播路径的重叠，从而降低了干扰的发生概率，对干扰进行了有效抑制，提高信号的质量和可靠性。
- 提高能量效率，实现绿色通信  
CF-mMIMO网络能够将信号集中在用户所在的方向，降低发射功率。这不仅可以减少对其他用户的干扰，还能提高能量效率。此外，CF-mMIMO架构中的分布式天线部署可以减少信号传播损耗，降低接收功率。通过这两种方式的结合，CF-mMIMO网络能够显著提高能量效率，实现绿色通信的目标。在能源日益紧张的今天，这一优势具有重要的现实意义。
- 为高移动性用户提供更好的服务质量  
随着移动互联网的发展，高移动性用户的数量不断增加。对于这些用户来说，保持稳定的通信连接是至关重要的。CF-mMIMO网络中的分布

图2 传统蜂窝网络和以用户为中心的CF-mMIMO网络对比



式天线可以减少信号传播损耗和干扰，提高信号的接收强度。即使在高速移动过程中，用户也能持续可靠接收到较强的信号，保持稳定的通信连接。同时，协作通信可以实现对高移动性用户的快速跟踪和服务切换。当用户在不同的区域移动时，网络可以迅速调整天线节点的协作方式，为用户提供无缝的服务切换，提升用户体验。

## 无蜂窝大规模MIMO网络架构的技术挑战

尽管CF-mMIMO技术在提升通信系统性能方面具有巨大潜力，但当前存在很多挑战，包括前传链路容量、信道状态信息估计、服务集群组成以及资源分配算法等多个方面。

### ● 前传链路容量

在CF-mMIMO网络中，前传链路需要传输大量的信号数据和控制信息，前传容量成为限制系统性能的关键因素之一。如何提高前传容量、降低前传延迟，是CF-mMIMO网络面临的重要挑战。

### ● 相干协作传输精度

在CF-mMIMO系统中，由于多个AP协同为用户服务，相干协作传输对于确保多个AP发送的信号能够在用户端正确地合并和接收非常关键。只有当信号在相位上保持一定的相关性，才能有效利用多个AP的信号能量，提高系统性能。如果信号之间的相位关系不准确，可能会导致信号相互抵消，反而降低系统性能。

### ● 信道状态信息估计精度

准确的信道状态信息估计是实现CF-mMIMO网络高性能的关键。然而在无蜂窝网络中，由于天线单元的分布式部署和用户的移动性，信道状态信息估计变得更加复杂。如何提高信道状态信息估计的精度、降低估计误差，是CF-mMIMO网络面临的重要挑战。

### ● 资源分配算法的复杂度

资源分配是CF-mMIMO网络中的关键技术之

一。合理的资源分配可以提高系统的频谱效率、能量效率和服务质量。然而在无蜂窝网络中，资源分配需要考虑天线单元的分布式部署、用户的移动性和业务需求等因素，资源分配算法的优化难度较大。如何优化资源分配算法、提高算法的性能，是CF-mMIMO网络面临的重要挑战。

## 无蜂窝大规模MIMO网络未来发展方向

随着5G-A及未来6G通信技术的发展，多天技术将不断演进。大规模MIMO技术将进一步提高天线数量和系统容量，同时，新型天线技术如智能天线、可重构天线等将为CF-mMIMO网络带来更多的性能提升。

人工智能（AI）技术在无线通信领域的应用越来越广泛。在CF-mMIMO网络中，AI技术可以用于信道状态信息估计、服务集群形成、资源分配等方面，提高系统的性能和智能化水平。

CF-mMIMO可以与其他新兴技术如智能反射表面（RIS）、毫米波通信等进行融合，实现更高的频谱效率、能量效率和覆盖范围。例如，RIS可以通过反射信号来增强网络覆盖和提高信号质量，毫米波通信可以提供更高的数据速率和更低的延迟。

与此同时，为了推动无蜂窝大规模MIMO网络的发展，需要制定相关的标准和规范，促进产业链的成熟和发展。标准化工作可以确保不同厂商设备之间的兼容性和互操作性，产业化发展可以降低设备成本，提高市场竞争力。

以用户为中心的CF-mMIMO网络架构是一种具有创新性和前瞻性的无线通信技术。虽然CF-mMIMO网络架构还面临诸多挑战，但随着技术的不断发展和创新，这些挑战将逐步得到解决。未来，CF-mMIMO网络架构将在室内无线通信、智能交通系统、工业物联网等领域得到广泛应用，为人们的生活和工作带来更多的便利和效益。ZTE中兴

# 湖南电信：

## 5G-A智能双域协同，打造网络新体验



谭永龙  
中兴通讯RAN产品总监

5G网络在全球范围内飞速发展，为众多行业提供了新的机遇。随着5G基础设施的不断扩展，如何高效管理和优化网络资源，以应对不同场景下的频谱不均衡、用户体验不佳等问题，成为运营商关注的重点。在这一背景下，湖南电信联合中兴通讯推出一项创新解决方案——智能双域协同。该技术通过频域和空域的智能化协同，提升了5G信号质量，提高网络资源利用效率，显著改善用户体验。

### 湖南电信5G网络建设挑战

在5G网络建设中，湖南电信面临的挑战主要集中在以下几个方面：

- 频谱资源分配不均衡：室内和室外的频谱资源往往分配不均衡，导致频域上的有效协同难以实现。尤其在高校、医院、商圈、居民区等复杂的多场景网络中，频谱资源的优化与协同成为网络性能优化的瓶颈。
- 用户体验不佳：室内外协同场景的室内用户体验不尽如人意，尤其是在场景切换和跨站过程中，网络的连贯性和稳定性难以保证，影响了用户的整体使用感受。
- 设备部署效果未达预期：现有网络设备未能充分发挥其性能和价值，设备的覆盖范围和容量未能完全满足用户需求，导致用户体验下降。



吴坚  
湖南电信高级技术总监

### 智能双域协同创新方案

湖南电信面临的这些痛点在全国范围内的5G网络建设中具有普遍性，迫切需要创新解决方案来解决室内外频谱资源分配不均衡的问题，提升用户体验，并充分挖掘现有设备的潜力。为解决这些痛点，中兴通讯推出了基于5G-Advanced（5G-A）技术的“智能双域协同”创新方案。该方案通过频域和空域的智能化协同，实现跨站业务的高效处理，全面提升用户体验和网络效能（见图1）。

#### 策略一：异频组网减少室内外同频干扰

在现有的5G网络中，室内外同频组网常常导致宏站与室分小区之间互相干扰，严重影响用户感知。为此，湖南电信采取异频组网的方式，将室内外覆盖频率进行分离：

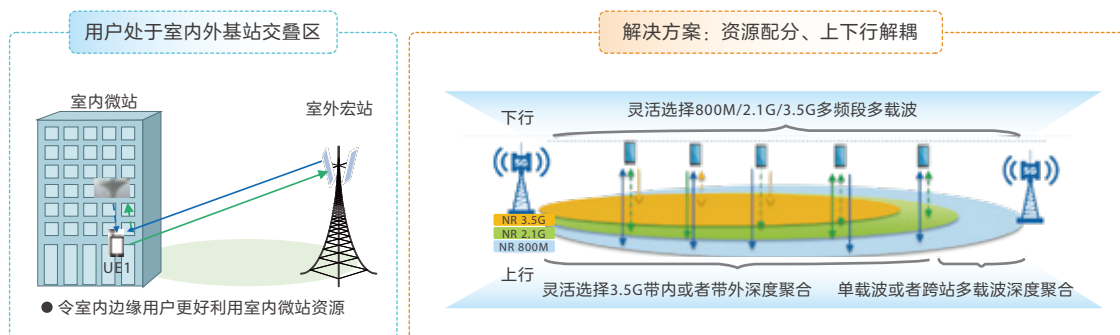
- 室内覆盖频段为3.3GHz，专门覆盖室内用户，以减少对室外频谱的依赖；
- 室外覆盖频段为3.4GHz和3.5GHz，以满足室外宏站的广覆盖需求。

这一策略有效减少了室内外频谱资源的冲突，降低了干扰，确保了不同场景下的用户感知得到提升。

#### 策略二：空域融合，T+T、F+T场景的灵活切换与容量增补

湖南电信在空域融合上实现了多个场景的创





▲图1 “智能双域协同”在频域空域的深度融合

新应用，增强了室内外用户的无缝体验。通过对频段和空域资源的动态管理，网络的容量和覆盖效率得到显著提升。

- T+T场景切换带宽通过室内外T频段的灵活融合，跨站载波资源得到充分利用，提升了用户的下载和上传速率。
- F+T场景容量增补：针对2.1GHz频段容量不足的问题，湖南电信通过大带宽的宏站扩充切换带的容量，提升用户体验；宏站与射灯的频率融合进一步扩展了高低频资源的优势。
- 3CC带宽扩展：在2.1GHz、3.4GHz、3.5GHz三频组合的场景中，室内用户通过上行的2.1GHz频段和下行的宏站带宽资源，获得了整体感知的提升。

通过这些策略的空域融合，湖南电信有效解决了复杂网络环境中的容量和覆盖问题，尤其是在高校、医院、商圈等高流量场景中，用户的体验感得到显著提升。

### 策略三：智能调度——室内外小区的资源协同

在资源调度方面，引入智能化的资源管理策略，通过对每个载波下行数据传输时延的评估，自动选择时延最小的载波进行数据分流。这种智能调度机制确保了每个用户的数据传输体验均得到优化，避免了因网络资源分配不均导致的网络

拥塞和卡顿。在长沙理工大学的试点中，通过智能调度，用户的手机下载速度提升了近1倍。在不扩容现有站点的情况下，处于基站小区边缘的用户平均网速提升了23%以上，而附近居民区的上行速度提升了36%以上。这一成果展示了智能调度技术在提升网络效能方面的显著作用。

湖南电信与中兴通讯联手推出的“智能双域协同”技术，不仅在技术侧展示了5G-A在网络演进中的重要作用，也在业务侧实现了运营成本的高效控制和室内外分布系统投资效益的提升。通过智能化的频谱资源分配和跨站协同，5G-A创新技术使湖南电信的网络流量提升了9%以上，用户体验得到大幅度提升。该技术不仅显著提升了用户的业务体验，还进一步推动了5G网络资源效率的提升，带来了流量的二次增长。在长沙三湘南湖大厦的应用中，通过5G-A技术的加持，用户的平均网速提升了23%以上，充分体现了5G-A技术在不同场景下的巨大潜力。

随着5G网络的进一步发展，湖南电信将继续探索5G-A技术应用，推动5G网络在各类场景中的深入部署。通过不断创新和优化，湖南电信致力于为广大用户提供更加优质、高效、智能的5G服务，打造高质量的5G-A商用网络，实现“信号升格、体验升格、流量升格”的全面飞跃。ZTE中兴

# 未来已来： 5G-A引领智慧公园新风尚



**范英德**  
中兴通讯RAN产品方案  
经理



**张华琳**  
中兴通讯上海分公司无线  
市场总监

**在**上海这座充满活力与创新的城市里，自然与科技的交融，绘就了一幅未来都市的美丽画卷。位于浦东新区的世纪公园，作为城市绿肺，经过拆除围墙和景观提升，与周边街区无界融合。市民游客可方便地步入公园休闲、漫步，并享受一系列配套便利。24小时开放的政策拉近了人们与自然的距离，也对公园的安全管理和智能化提出了新的要求。上海电信与中兴通讯联手，将5G-Advanced（简称5G-A）技术应用于智慧公园，提升游客游园体验，赋能公园智慧管理，共绘人与自然和谐共生的美好图景。

## 超大容量、超低时延，解锁游园新体验

在世纪公园，采用毫米波技术提供高速宽带接入服务。毫米波技术具有极大的带宽、高频率资源以及独特的传播特性，使其成为实现高速数据传输、低延迟和高可靠性通信的理想选择，是实现5G-A愿景的关键技术之一。通过部署毫米波基站，公园内的游客可以享受到媲美光纤的超高速互联网连接，解锁全新的游园体验。

从樱花节的浪漫到夏夜露营的悠闲，再到周末市场的热闹，每个游园的瞬间都值得被记录。然而，以往由于大量人群聚集导致网络拥堵，往往阻碍了人们及时分享这些美好时刻。5G-A基站以其惊人的超25Gbps网络容量，构建起信息的高速公路，让每一张樱花绽放的照片、每一次星空下的直播都能瞬间传递，让快乐无需等待，真正

做到“此刻即分享”。

在追求更高生活品质与精神享受的今天，公园成为人们节假日里的热门去处，AR（增强现实）游园让古老的漫步方式焕发新生。源于5G-A技术的强大支撑，手机终端下行速率可高达6Gbps+，让栩栩如生的图像、视频和3D模型瞬间呈现眼前。想象一下，在阳光明媚的日子里，当你步入世纪公园，拿起手机或佩戴AR眼镜，原本静谧的树林间突然出现了虚拟的动物精灵，它们或是在树枝间跳跃，或是在花丛中嬉戏。跟随AR导游的脚步，游人可以一边学习植物知识，一边寻找隐藏在各个角落的数字宝藏，这些互动体验不仅丰富了游园的趣味，更为家庭亲子活动提供了新的可能。

以“今朝夜道，更上海 | TONIGHT IS THE NIGHT”为主题的上海夜生活节，陆续点亮公园、露台、水岸等城市夜间消费新场景。5G-A技术以超低传输延迟和超高可靠性，让实况拍摄摆脱线缆的束缚，摄影师可以自由穿梭在人群之中，捕捉每一个精彩瞬间。通过5G-A实现的无线超高清浅压缩视频实时传送，无线摄像机拍摄的画面可以与有线机位画面无缝混切，实现横屏+竖屏同步直播，让电视机前的观众也能感受到现场的热烈与浪漫。

## Cluster DRS+通感一体技术，赋能公园智慧管理

世纪公园实行“拆围透绿”全天候开放后，

## 5G-A引领智慧公园新风尚

拆围透绿，公园与城市“无缝融合”  
科技需与生活无缝交融

7x24开放运营，绿维、安防、应急  
园区安全无小事

鸟类保护、风筝放飞、航拍正当时  
空中交通也“繁忙”

游客普通游园 —— 公园跨界新体验

万人活动网无忧

25Gbps

单小区容量



万人草地音乐会

无线直播新范式

4毫秒

RTT时延



喷泉灯光秀直播

全民共享 万兆赋能

人工全力保障 —— 无人机全权代理



无人机巡检

应急救援精准派送

米级

定位精度



“救”在身边

高清视频实时回传

50Mbps

上行稳定速率

低空通信 一路畅行

地面单一管理 —— 地空立体全掌控



航道守护



电子围栏

空域轨迹精准感知

亚米级

感知精度

雷视联合跟踪取证

秒级锁定

3秒~5秒

公园空域 通感守护

对园区的安防与紧急应对能力提出了更高的要求。世纪公园不仅强化了智慧监控系统，还与上海电信合作引入了无人机安防巡检，为公园织起一张全天候的安全保护网。然而，要使无人机能实时传输高清巡检视频至地面控制中心，面临着低空通信的挑战。我们巧妙运用Cluster DRS方案，扩展地面5G网络覆盖至低空300m，助力无人机安防巡检的高清视频以50Mbps的稳定回传，以地面和低空资源共享，虚拟专网的方式，确保了无人机业务的超稳态性能保障。一张5G网络通过资源的灵活调度与协同，既服务于地面用户，“以用户为中心”精准匹配用网需求，提供高清视听享受、无卡顿游戏体验，同时服务于低空无人机巡检，以“无人机为中心”，保障巡检视频实时高清回传，提升公园巡检效率。

除了低空通信的物联网保障外，我们还在世纪公园部署5G-A通感一体基站，为无人机低空业务架设“低空导航塔”。通过5G-A通感一体的高精度感知能力和基站内生智能的算力，可以为无

人机安检、配送进行航路规划，并提供全天候的轨迹监控和辅助导航。在上海世界移动通信大会（MWCSH 2024）期间，中兴通讯和上海电信一起携手讯蚁科技，在世纪公园内展示了无人机外卖配送随心订、精准护航、米级定位和精准投放等新业务模式，为智慧公园未来可引入的新型服务注入无限潜力。

此外，作为新型娱乐设施，在世纪公园常年可见试飞、航拍的私人无人机，这也对公园的低空管理提出了新的挑战。大型活动期间，特定区域的低空航拍也需要严格管控，按需设定电子禁飞区。实时感知禁飞区的低空状态是5G-A通感技术为园区管理提供的“科技升级”。如有非授权无人机进入禁飞区，就可触发实时预警，“雷视联动”摄像识别和锁定时间不超过3s，为园区提供灵活、精准的低空安防管控手段。

展望未来，智慧公园将以科技的魔法，让自然之美与人类的智慧生活完美融合，开启一个触手可及的美好新时代。 **ZTE中兴**

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在