



5G

高流量商务区5G网络规建维优提质研究

陈宸

(中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200120)

摘要: 为响应工业和信息化部5G网络“信号升格”行动要求, 践行中国电信集团“十大场景优化”重点工作, 结合上海城市5G网络特点, 重点对高流量商务区场景从规建维优多维度进行提质研究。从站点规划、覆盖优化、宏微协同、载波聚合、智算单板部署等维度出发, 基于端网协同、业务分层的提质思路, 输出综合优化方案改善网络质量, 提升用户业务体验。最终达成感知提升、流量激发双重正向反馈。

关键词: 流量激发; 载波聚合; Super-MIMO; 智算提质

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025068

0 引言

高流量商务区对于5G网络覆盖的存在较大难度。既要注重网络层面的基础覆盖, 又要兼顾高负荷网络需求。某广场商务区作为样板商务区, 周边环境复杂, 上海地标性建筑“东方明珠”坐落于此商业圈, 还有平安金融大厦、交通金融大厦、香格里拉大酒店等, 该商务区也是上海的金融中心, 集金融、旅游、商务为一体。前期该商务区各楼宇已建设室分系统, 但随着时间推移和环境变化, 周边开始出现弱覆盖、高干扰等网络质量因素, 因此重新从规建维优方面对该区域进行优化, 旨在提升网络覆盖率、改善用户感知体验。

(1) 容量覆盖不足

某广场商务区周边均为高档写字楼, 虽然基本有3.5 GHz或者2.1 GHz NR室分, 但是室外宏基站选址困难, 前期仅有一个正大广场宏基站, 无法覆盖整个商务区, 且负荷一直较高, 尤其是重要节假日, 基本处于容量受限状态。

(2) 某广场商务区室分重叠覆盖严重

某广场商务区已开通pRRU 200 MHz CA, 但因该商务区内部格局问题, 室分小区间干扰严重, 无法达到体验最佳效果。

(3) 宏微干扰问题突出

整个商务区内, 较多写字楼为2.1 GHz NR室分, 因全网互操作策略以3.5 GHz优先, 所以在高层极易切换至室外3.5 GHz宏基站, 因高层导频污染严重, 占用3.5 GHz宏基站体验较差。

(4) 特定业务保障有需求

“东方明珠”坐落于该商务区内, 该景区游客短视频直播等业务比例较高, 为保证游客对上海形象的宣传和良好的用户体验, 此类业务的特殊保障有一定需求。

1 提质维度

本文着重从网络基础、用户感知、业务保障3个维度对某广场商务区进行网络提质, 方案架构如图1所示。

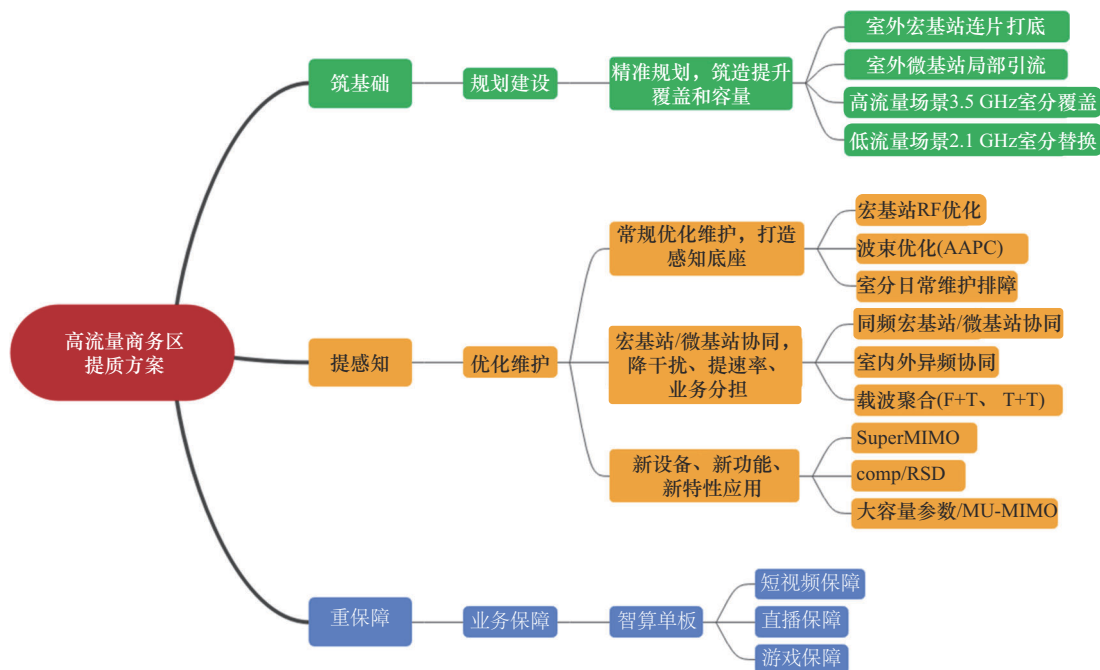


图1 方案架构

2 规划维度

某广场商务区为上海浦东陆家嘴最核心地段，是集金融、商业、旅游于一体的高流量、高密度、高价值区域，网络结构基本以室分为主，如正大广场等高流量商场由3.5 GHz有源室分覆盖，周边写字楼以2.1 GHz NR替换为主。而宏基站因选址

困难，当前仅正大广场宏基站一个，除覆盖问题外，容量受限为最大的问题，宏基站常年高负荷。

2.1 室外宏基站精准规划

经过建设、优化等多部门联合查看，最终确认新增浦铁国金、中心花园2个宏基站，如图2所示，主要用于覆盖该商务区周边道路和部分商务楼宇浅层覆盖。



图2 规划示意图



2.2 室外微基站热点补忙

东方明珠广场旅游打卡、直播拍照游客集中，优化前仅某广场1个扇区覆盖，国庆、跨年等节假日容量受限严重，根据现场查勘，东方明珠广场外围共8个广告牌抱杆可利用。根据评估规划微基站4个，如图2所示，和正大广场宏基站形成互补，解决局部区域话务热点。

3 网络优化维度

3.1 基于AAPC进行波束优化

3.1.1 原理说明

天线权值自适应调整（AAPC）方案是一种基于AI算法实现权值自动优化的方案，通过网络侧自动的用户数据收集、评估分析给出合理的权值配置方案，最大化提升用户覆盖水平，减少人工的工作量，在提升用户感知的同时，提升现场的优化效率。

大规模多输入多输出（MIMO）天线参数权值自适应，在网络侧基于用户位置信息，通过应用仿真、AI、优化3个领域的技术，实现天线权值的自适应的调整，使天线集中向用户分布集中与覆盖不足的区域进行定向覆盖，达到覆盖优化的目的，从而获取流量、覆盖、用户数的增益。

方案基本流程如图3所示。

AAPC功能收集现网商用用户的位置分布，自动调整天线权值，用户分布数据采集是通过小区间协同测量完成的。开启天线权值自优化功能的小区向接入UE下发AAPC专用测量，当收到UE上报的测量报告后，触发服务小区和测量报告中携带的邻区测量该UE相对于邻区的DOA和路损。

3.1.2 效果呈现

2024年6月20日完成AAPC波束优化部署，部署后整体无线接通率、系统内切换成功率指标整体平稳。AAPC波束优化部署效果如图4所示，RR连接最大SA用户数增长14%左右，无线链路控制（RLC）层用户面总流量增长5.8%左右。

3.2 室外同频宏微协同优化

3.2.1 原理说明

该正大广场高流量商务区，存在东方明珠室外微基站和正大广场室外宏基站组网场景，为降低网络干扰，提升用户感知，综合考虑部署宏微SSB波束功率协同、SSB时域错开、上行频选等功能，提升宏微组网场景下微基站网络性能。

(1) SSB波束功率协同

对宏基站和微基站同频组网场景，为了降低宏基站对邻区微基站的干扰，开展基于功率的宏

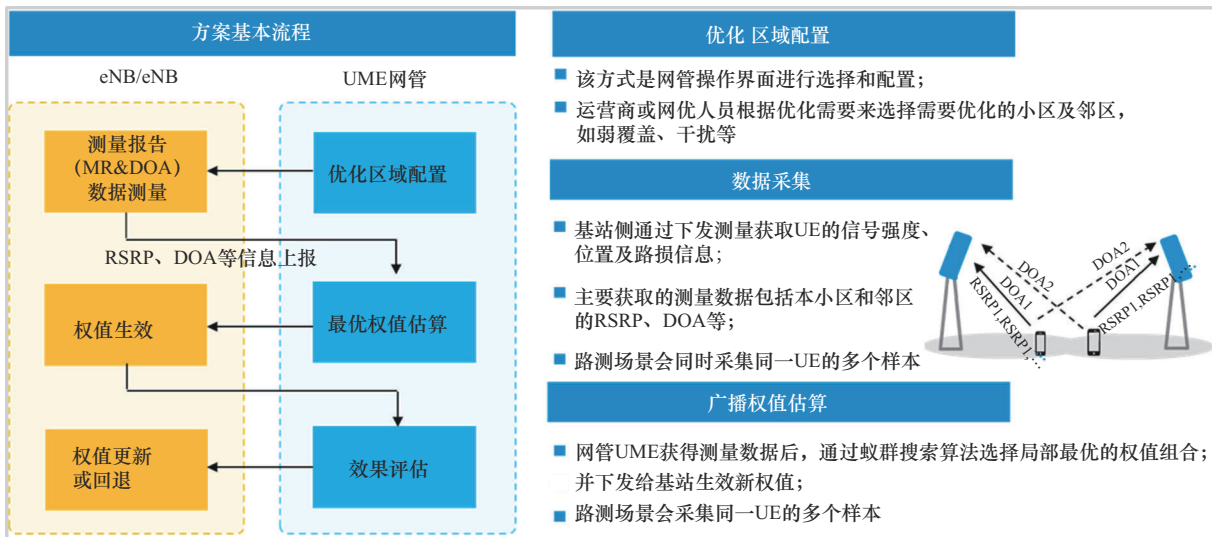


图3 方案基本流程

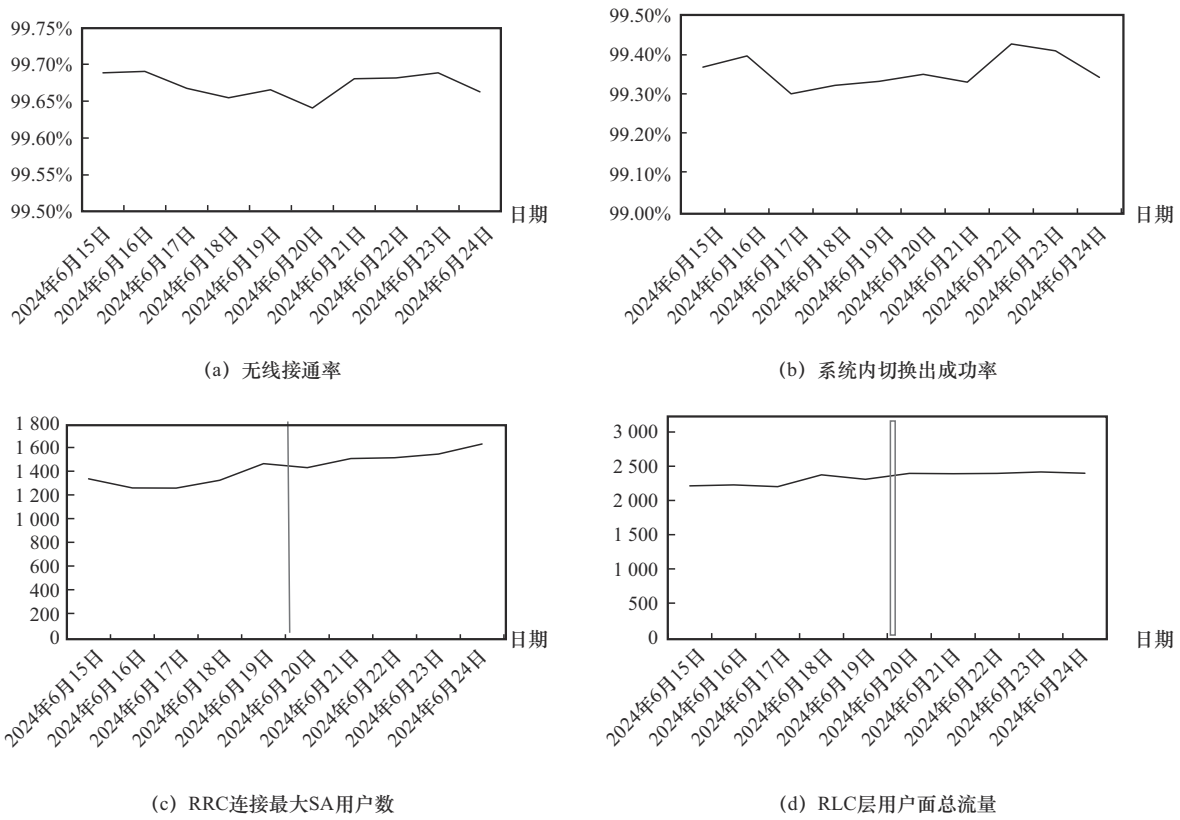


图4 AAPC波束优化部署效果

微干扰协同优化。宏微干扰协同优化功能，通过从微基站采集段时间的UE MR数据并进行统计分析，找出微基站周围对其造成强干扰的宏基站波束；与此同时，宏基站启动功率保护定时器等待来自微基站发送的降功率调整消息；当微基站对UE MR数据样本分析完成后，通知宏基站对相应的波束执行降功率动作，并根据UE位置分布变化及用户数，动态调整宏基站波束的功率，从而降低宏基站对微基站的干扰。

(2) SSB时域错开

SSB时域错开示意图如图5所示，在时域和频域上，在和宏基站的SSB波束发生碰撞的位置，微基站通过速率匹配的方案，规避宏基站对微基站PDSCH的干扰。干扰强度较大时，SSB 1+0时域错开功能打开SSB_SINR有提升，下行速率持平。无干扰时，SSB_SINR不会提升。

(3) 上行频选

基站通过检测上行频率的干扰情况或终端的

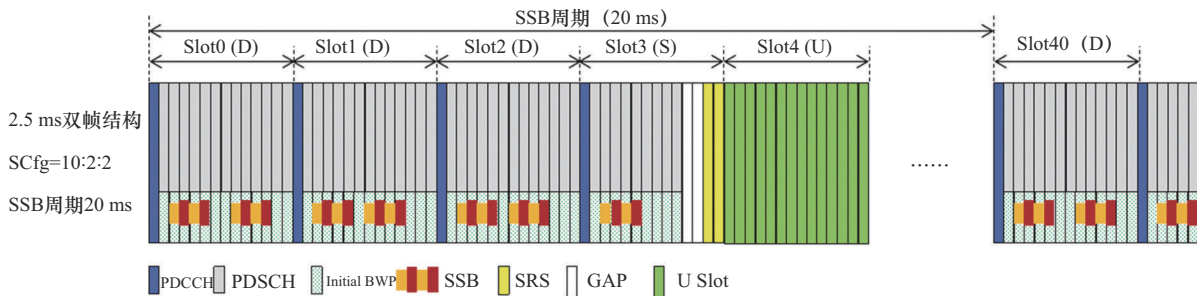


图5 SSB时域错开示意图



SINR 测量差异情况，针对小包业务的用户在分配 RB 时，选择干扰情况较小的频域位置分配 RB，避免将 RB 分配在受外界干扰较大的频域位置。通过上行频率选择性调度，提升小包用户的调度的 MCS，从而提升频谱效率。

3.2.2 效果呈现

部署宏微基站协同相关功能后，对比生效前后的用户感知速率，如图6所示。取东方明珠5号广告牌微基站对比，可以看到功能生效用户上下行感知速率后均有不同程度提升，其中UE下行感知速率修改后增加30.54 Mbit/s，增益16.25%，上行感知速率增加8.82 Mbit/s，增益22.35%。

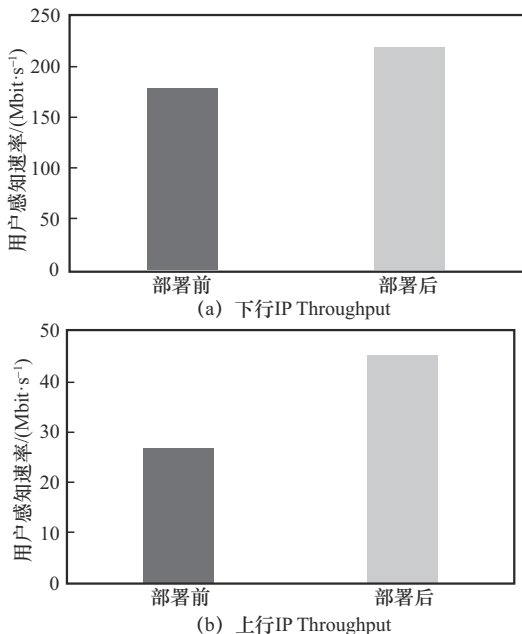


图6 室外同频宏微协同优化部署效果

3.3 室内外异频宏微协同优化

3.3.1 互操作策略调整提升用户感知

某广场商务区内写字楼有较多为2.1 GHz NR室分，根据大网整体策略，高层极易从2.1 GHz

室分切换至室外3.5 GHz宏基站，一旦切换至室外，用户感知无法保障，针对此问题进行了宏微互操作策略调整，将2.1 GHz NR室分优先级提高，同时切换策略进行反转，用户主占用2.1 GHz NR，保持网络感知稳定，同时叠加F+T载波聚合，提升用户速率。小区重选优先级见表1，小区切换策略见表2。

表1 小区重选优先级

NR 频段	小区重选优先级		小区重选子优先级	
	调整前	调整后	调整前	调整后
2.1 GHz	7	7	0.2	0.6
3.5 GHz	7	7	0.4	0.4

3.3.2 室内外宏微跨站CA提升用户体验

5G载波聚合通过将2个或2个以上的分量载波聚合起来获得更宽带宽，从而使用户获取更高速率的技术。

- 提升吞吐量。CA可以通过整合连续或者非连续的频率，实现可用带宽的叠加，从而增加终端吞吐量，提升速率体验。
- 提升资源利用率。CA的主辅小区间可以更灵活地调度，从而充分利用各载波空闲资源形成高效分流，实现资源利用率最大化。
- 提升覆盖。载波聚合下相关控制信息优先通过主载波发送，从而利用主载波上行覆盖优势提升整体覆盖。

开通2.1 GHz+3.5 GHz载波聚合后，整体CA用户数增长300个以上，下行体验速率增长约12.5%。

3.4 Super-MIMO提升网络性能

3.4.1 问题描述

正大广场为陆家嘴区域大型商业购物中心，

表2 小区切换策略

载波方向	切换策略	事件	A1门限		A2门限		A4门限	
			调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后
2.1 GHz NR→3.5 GHz NR	基于覆盖切换	A2+A5	-55	-95	-60	-100	-105	-105

总体面积近 25 万平方米，前期已建有源室分系统，且开通 3.4 GHz+3.5 GHz 双载波，由于商场内部存在开阔空间，小区间干扰严重，用户体验较差。如果单纯通过小区合并解决干扰问题，则牺牲了容量。

3.4.2 Super-MIMO 原理

Super-MIMO 方案是融合分布式天线优势，灵活融合干扰方案、容量提升、用户感知提升为一体高效室分方案，方案通过 MU-MIMO、联合赋形以及多天线联合 IRC，解决干扰问题的同时，提升小区容量、提升单用户体验。适用于地铁站、高铁站、大型场馆、大型商场等高价值室内场景。

(1) MU-MIMO 提升小区容量

MU-MIMO 示意图如图 7 所示，基于分布式 QCell，构建大规模分布式天线系统（32TR/64TR），能够有效控制区域内的干扰；系统自动根据 UE 无线信道的相关性判定，进行多 UE 的空分复用配对，提升小区容量。

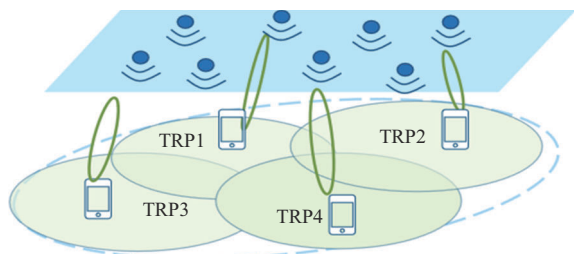


图7 MU-MIMO 示意图

(2) 联合赋形提升单用户性能

联合赋形示意图如图 8 所示，基于分布式 QCell，构建大规模分布式天线系统（32TR/64TR）；通过优化的空口校准算法，实现分布式 QCell 之间的高精度同步，保障联合赋形的增益；大规模分布式天线系统基于 UE 发送的 SRS，准确评估出信道信息，再进行联合赋形，提升单用户的业务速率。

(3) 多天线联合 IRC 降低宏微同频干扰

宏基站远点的高发射功率终端，对室分小区

产生较强的上行干扰；多天线联合 IRC 同步校准分布天线，提升干扰抑制能力；流量收益达 16% 以上，随着干扰降低收益逐渐增加。

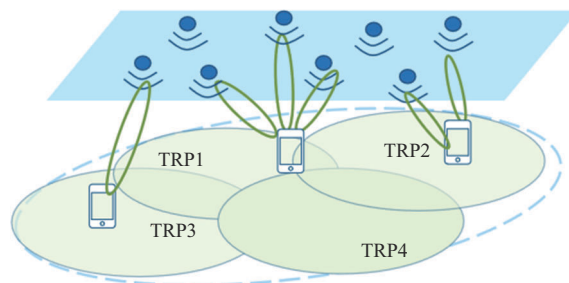


图8 联合赋形示意图

优化组经充分论证发现，Super-MIMO 方案主要是通过 CP 插花式组网构造更多的 CP 交叠区来获取更多的 BF 增益，可以降低小区间干扰，提升下载速率，改善用户感知。

4 智算提质维度

随着无线网络数据业务的普及，在普通公众业务中找到新的可持续业务增长点变得越来越难。视频业务作为目前流量消费的主要业务，业务质量与网络流量密切相关，如何更精准地识别用户业务，以及能够为用户提供更好的品质，从而激发用户流量，实现业务增长。基于此，上海电信某广场周边开展基于智算单板流量激发的工作，是全国首个智算单板商用外场，通过试点为网络智能化演进提供重要数据支撑。通过提升视频业务的用户感知，最终提升 5G 网络的用户使用黏性。

视频业务的基站识别和智能保障是以 RAN 智能化为基础的解决方案，依赖无线基站侧算力支持，通过基站侧新增智算单板，可以提供强大算力支撑，从网络提效及感知提升角度出发，充分发挥无线侧的优势，使业务识别、感知度量、自愈保障、评估优化等都能在无线侧完成，形成一套无线侧的全生命闭环方案。

(1) 业务保障

基站内置业务识别和分析模块（DRA），根



据需求,对现网业务应用采用特征报文提取的方式进行自动识别,如通过分析Host、URL、SNI、码流、包长、事件关联、DNS关联、Quic解密、IP地址匹配识别等一种特征或多种特征的组合,对业务进行精准画像,从而实现对所需业务的精准识别,识别成功则反馈业务的APPID。针对DRA反馈的业务APPID,基站根据识别目的,可进行业务评估,或映射为对应的广义QoS类型进行业务优化提升。DRA识别功能与智算单板深度绑定,识别率最高可提升95%以上。对识别的业务通过自定义类型配置不同的调度优先层级、PBR速率、预调度、独立上行功控等策略,从而实现对不同业务的精准差异化保障。

(2) 流量激发

当前5G网络,视频业务的总业务量占下行业务量的比例超过60%,其中短视频业务以抖音和快手为第一梯队总流量占比超过视频总业务量的50%。短视频普遍存在码率自适应机制,其除片源影响外,和网络质量(网速/首帧时延等)也是强相关,提升短视频用户体验,可以促进服务器优先推送高分辨率视频资源,并且随着短视频用户体验的提升,也能提升视频用户在线时长。智算单板短视频流量激发是以RAN智能化为基础的解决方案,依赖无线基站侧算力支持,通过基站侧新增智算单板,可以提供强大算力支撑,精准识别业务,针对短视频业务时延和速率进行重点保障,促进短视频流量的增长。

5 结束语

高流量商务区域往往环境相对比较复杂,包含多种业态,如商场、办公、酒店、娱乐设施等,每种业态内部场景均不同,无线场景非常复杂。为解决复杂环境下的高流量商务区网络覆

盖,进而组网复杂,可能存在宏基站、微基站、室分异频或同频组网的场景,而且网络干扰、容量、用户体验提出更高的要求。结合上海电信正大广场高流量商务区综合方案,总结提质方案。

组网方面,高流量商务区优先建议采用异频组网,如果考虑容量,无法同频组网,可以考虑叠加微基站进行覆盖和解决容量问题,采用宏微协同策略控制系统内干扰,提升感知。另外,在大型商场等区域,结合优先部署有源室分,采用Super-MIMO方案进行干扰规避的同时提升用户体验速率。

基础优化方面,持续完善Xn链路和邻区关系,宏基站建议部署基于天线参数权值自适应功能,部署基于AAPC的波束优化等功能,解决道路和室内浅层覆盖,联系室分系统可在室内浅层区域部署载波聚合,充分发挥网络效能,改善用户感知。

用户体验方面,推荐叠加智算单板对热点业务(抖音、西瓜视频等)进行业务保障,改善用户业务体验,同时激发网络流量。

参考文献:

- [1] 3GPP. Study on scenarios and requirements for next generation access technologies (Release 18): TR 38.913[S]. 2022.
- [2] GUPTA A, JHA R K. A survey of 5G network: architecture and emerging technologies[J]. IEEE Access, 2015(3): 1206-1232.
- [3] IMT-2020 (5G) Promotion Group. 5G vision and requirements white paper[R]. 2015.
- [4] 邱喆. 5G时代运营商创新流量经营策略分析[J]. 中国新通信, 2020, 22(15): 101.
- [5] PARK J, SAMARAKOON S, BENNIS M, et al. Wireless network intelligence at the edge[J]. Proceedings of the IEEE, 2019, 107(11): 2204-2239.

[作者简介]

陈宸(1986-),男,中国电信股份有限公司上海分公司工程师,主要从事移动网络(4G/5G)优化工作。