

5G 高密重载场景 ToB/ToC

Research on ToB/ToC Networking Strategy in
5G High-density and Heavy-load Scenario

组网策略研究

王 蕾,曾 伟,宋 扬,常 虹(中国联通北京分公司,北京 100072)

Wang Lei,Zeng Wei,Song Yang,Chang Hong(China Unicom Beijing Branch,Beijing 100072,China)

摘 要:

为满足冬奥高密重载组网需求,利用国家体育场环境实施空频多维度 5G 立体组网、精细容量规划、精准区域覆盖,并在全场景应用分布式大规模天线技术、端到端 5G 切片技术、载波聚合、超级上行等多种 5G 新技术,提升极致性能。同时,针对不同业务类型实施 ToB/ToC 网络分层、ToB 业务全场景隔离等手段保证高密重载场景下各业务感知,既能够承载全场数万人 5G 网络压力,又为 UHD 超高清直播等创新业务多样化需求预留充足的能力。

关键词:

5G ToB;高密重载;冬奥保障

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.09.008

文章编号:1007-3043(2023)09-0039-07

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

In order to meet the demand for high-density and heavy-load capacity in Winter Olympic venues, multi-dimensional 5G networking technology, detailed capacity planning and accurate area coverage is implemented with the national stadium environment, and distributed massive MIMO antenna technology, end-to-end 5G slicing technology, carrier aggregation technology, uplink switching technology and other 5G new technologies are applied to improve network performance. At the same time, ToB/ToC network layering, ToB service full-scene isolation and other means are implemented for different service types to ensure the service awareness under high-density and heavy-load scenarios, which can not only bear the 5G network pressure of tens of thousands of people in the field, but also reserve sufficient capacity for the diversified needs of innovative businesses such as UHD ultra-HD live broadcast.

Keywords:

5G ToB; High-density and heavy-load; Winter Olympics support

引用格式:王蕾,曾伟,宋扬,等. 5G 高密重载场景 ToB/ToC 组网策略研究[J]. 邮电设计技术,2023(9):39-45.

1 概述

2022 年冬奥会开闭幕式采用 5G 技术实施多类型用户的需求保障,面临着高密重载组网、高爆发、多样化应用、数智能力创新等多种难题和挑战。此前,5G 应对无线网络高密度用户、高容量爆发极端场景的技术手段和组网方式还不是很完善。本技术方案针对 5G 网络在大型体育场高密重载场景下组网能力进

行探讨,将指导面向冬奥服务保障的 5G 网络高性能、高可靠、多样创新的组网模式设计,打造以 5G 为基础的全新保障模式。新方案在有效保障普通 ToC 用户网络感知的情况下,也能有效提供 ToB 多样化创新应用的能力和接口。国家体育场 5G 高密重载组网在冬奥全场景 5G 大连接能力基座基础上,实现多种创新、多点突破。以国家体育场实施的高密重载网络为基础,结合 5G 技术打造一系列智慧应用,在高速率、低时延、大连接的 5G 网络保障下,支撑智慧观赛、智慧参赛、智慧办赛创新,实现 5G 技术赋能智慧冬奥(见图 1)。

收稿日期:2023-08-08

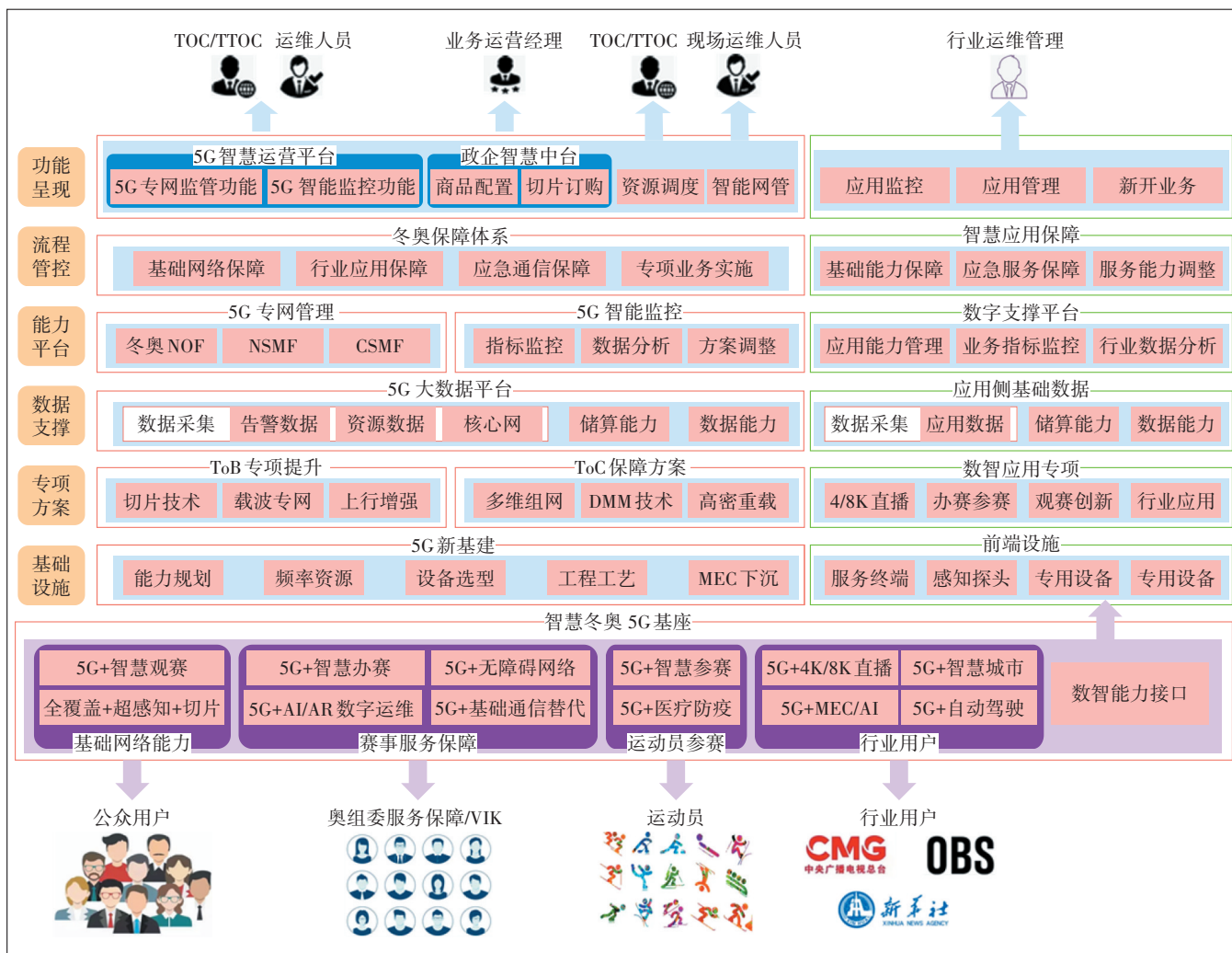


图1 冬奥5G大连接能力示意

2 需求分析

国家体育场为2022年冬奥会非竞赛场馆,承接冬奥会开、闭幕式,场馆人数最高可达15万人,包含运动员、国家奥委会官员、奥运会工作人员、新闻媒体、转播商、国内和国际观众等,需求差异明显。

无线网络资源为共享模式,单小区单用户下行最高速率可达1 Gbit/s,上行可达200 Mbit/s以上,随着并发增多,下载速率会有不同程度的下降。经统计分析,极端条件下,下行4 Mbit/s或者更高、上行1 Mbit/s以上即可满足各类公众用户的多种业务需求。ToB业务视具体需求待定。表1所示为各方统计的ToB/ToC预计需求。

其中,ToC用户的需求主要按照极端情况下的极端能力预估。ToB用户则根据具体需求进行分析,主

要需求及瓶颈为上行,尤其媒体直播业务带来的压力较大。根据主流媒体提供的数据,广电级4KUHD需要40~80 Mbit/s的传输速率,并计划在正常直播时段应用。

3 5G网络设计

面对大型体育场馆半室内半室外特殊结构及应用场景下的特殊应用需求,还要解决高爆发的网络容量,在规划设计过程中始终坚持以下设计原则:300 MHz大带宽覆盖;根据结构特点差异化覆盖;多预案设计、多方案备份;保证容量,降低干扰;合理容量预算,预留设计冗余;ToB/ToC隔离传输。

3.1 国家体育场室分覆盖方案设计

根据国家体育场历史统计数据 and 同类场馆历史统计数据,获取忙时话务量和流量。据此,业务需求

表 1 国家体育场 ToB/ToC 需求表

需求描述	位置	单用户需求	终端数量	时延/ms
观众看台区中国联通用户 70 000 人的移动手机 5G 通信业务稳定、流畅	固定或移动	下行 4 Mbit/s、上行 1 Mbit/s	70 000	20~500
运动员看台区中国联通用户 2 800 人的移动手机 5G 通信业务稳定、流畅	固定或移动	下行 4 Mbit/s、上行 1 Mbit/s	2 800	20~500
运动员(持中国联通配发手机,列队 4 人一排、长度约 700 m)从场馆东门入场,穿过场心后上跑道分流,左右绕跑道至运动员观看台就座	移动	下行 4 Mbit/s 或者更高、上行 4 Mbit/s	2 800	20~500
运动员视角从场馆东门入场,穿过场中心后上跑道分流,左右绕跑道至运动员观看区	移动	下行 4 Mbit/s 或者更高、上行 30 Mbit/s	5	20~500
保障央视 5G+8K 视频转播项目:场馆观众区预留 5G 专网切片保障央视 5G+8K 视频转播项目 2~3 路	移动	下行 4 Mbit/s 或者更高、上行 200~300 Mbit/s	用户 2~3 个	20~500
保障 Intel 360 度 VR 5G+8K 项目:场馆场心预留 5G 专网切片保障 Intel 360°VR 5G+8K 自由视角视频项目 1~2 路	场馆中心区演出场地	下行 4 Mbit/s 或者更高、上行 200~300 Mbit/s	用户 1~2 个	20~500
OBS 需求	场馆中心区演出场地	上行 20 Mbit/s, 用户 2~3 个; 4K 摄像机, 上行 80 Mbit/s, 用户不详	待确定	20~500
主席台预留 5G 专网切片采用 CPE 方式连接约 200 个用户同时进行高清视频下载	主席台 VIP 区	下行 4 Mbit/s 或者更高、上行 1 Mbit/s	200	20~500

预测基础参数包括按 15 万人做容量规划、5G 用户占比按 50% 计算、上行并发激活率 10%~15% 计算。表 2 给出了国家体育场覆盖方案。

表 2 国家体育场覆盖方案

场景	人流量	业务量	重要性	5G 建设方式
看台区	极高	极高	极高	新型(300M)+赋形天线
场地区	极高	极高	极高	RRU(8T8R)+赋形天线
看台外围走廊, 疏散区	较高	较高	较高	新型(200M)
VIP 区	一般	一般	较高	新型(200M)
重要办公区	一般	一般	较高	新型(200M)
停车场	较低	较低	较低	传统
电梯	较低	较低	一般	传统
奥运博物馆	一般	一般	较高	新型(200M)

看台区采用最新 300 MHz 设备和分布式 Massive MIMO 小区覆盖,同时 pRRU 设备外接赋型天线,波瓣角 30°×30°,上下行干扰控制效果较好,SINR 提升 3 dB

以上。看台区上层看台的设备安装在钢架上(部分在顶棚马道),中层和下层安装在看台上沿内部。覆盖方式如图 2 和图 3 所示。

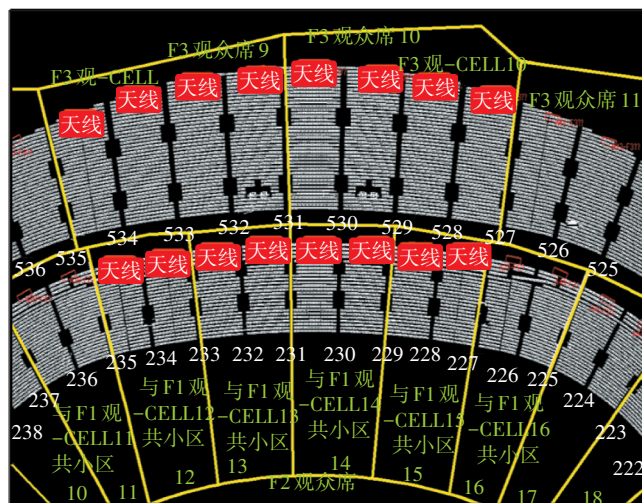


图 2 国家体育场看台小区分布

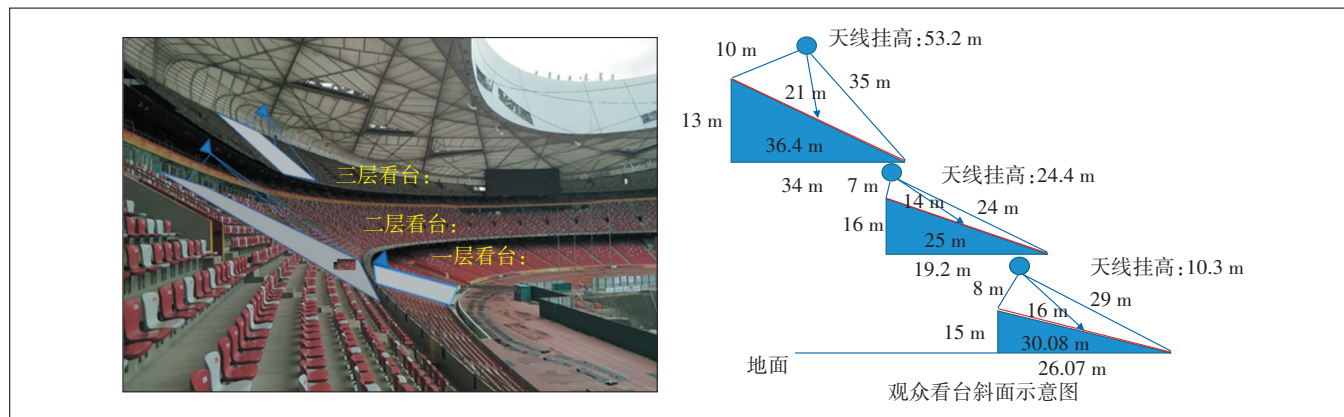


图 3 国家体育场看台室分安装示意

看台采用分布式 Massive MIMO 小区模式, 小区平均吞吐率相比较普通小区模式提高约 3 倍。一层看台、二层看台同小区, 能够利用二层看台的低容量, 均衡小区的业务量; 同时, 考虑同层干扰较严重, 在硬件上也具备拆分一层、二层看台同小区的能力, 使同一小区仅覆盖同一层双倍面积区域。表 3 给出了国家体育场 5G 看台区域容量估算 (ToC)。

表 3 国家体育场 5G 看台区域容量估算 (ToC)

区域	看台运动员区域		一层看台其他区域		二层看台		三层看台	
	人数							
人数	2 800		23 000		30 000		25 000	
忙时平均激活用户数	294	392	603.8	805	787.5	1 050	656.3	875
小区数 Max	12		30		42		36	
上行/下行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行
DMM 小区平均吞吐率/(Mbit/s)	300	136	300	136	300	136	300	136
总容量/(Mbit/s)	3 600	1 632	9 000	4 080	12 600	5 712	10 800	4 896
用户平均速率/(Mbit/s)	12.24	4.16	16.3	5.5	16	5.4	15.9	5.4

如图 3 所示, 以一层看台为例, 需要 30 个 100 MHz 小区, 即 10 个 300 MHz 扇区, 小区能力按照极限情况下行 300 Mbit/s、上行 136 Mbit/s 计算, 23 000 人按 50% 中国电信和中国联用户、50% 的 5G 渗透率、15% 激活比计算, 可保障单用户至少满足下行 16 Mbit/s、上行 5 Mbit/s 的速率。

3.2 国家体育场场心覆盖方案设计

根据国家体育场现场情况, 选择点位 1、2、3、4、5 (见图 4) 进行部署, 场心与看台按需异频部署, 开通多载波, 优先推荐距离场心较近的场缘 pRRU 与能够全场景覆盖的顶棚马道 RRU 信源。该实施方案可全方位提升场心覆盖, 站点部署充足, 确保后续有优化空间。但需合理规划小区分布及频点, 减少同频干扰, 避免乒乓切换。具体实施方案如表 4 所示。

摄影槽 pRRU 方案 1+马道方案 3 为建议主用方案。该方案能够兼顾场心覆盖的容量问题, 同时方案 3 AAU 的覆盖能力具备以下 2 个方面优势: 完整连续覆盖, 避免场缘对中心区域的水平遮挡。沿跑道摄影槽部署 pRRU+外接天线 (波瓣角 $20^{\circ} \times 60^{\circ}$) 的方式, 波束方向压低对场心进行覆盖; 沿马道部署 AAU/RRU+外接赋形天线 (波瓣角 $45^{\circ} \times 45^{\circ}$) 的方式, 波束方向主要覆盖场心。国家体育场场心 pRRU 位置与顶棚 AAU 位置示意如图 5 所示, 方案 1+方案 3 的仿真效果如图 6

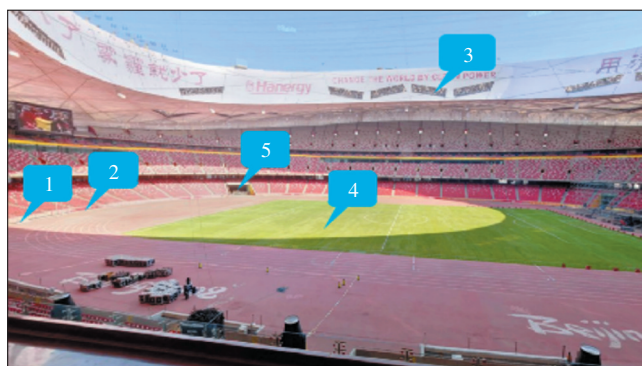


图 4 国家体育场场心覆盖实施位置

表 4 国家体育场场心区域设备详单

点位方案	位置	高度/m	设备	型号	安装方式
方案 1	沿跑道	1.5	pRRU	3.3~3.6 GHz (外置天线)	间隔 10 m 安装, 共约 32 个 pRRU
方案 2	沿跑道	1.5	RRU	3.4~3.6 GHz	共 8 个点位
方案 3	马道	40	RRU	5G (3.3~3.6 GHz) 4G (1.8 GHz)	共 8 个点位; 其中 2 个点位开通 4G
方案 4	LED 屏下	0	pRRU	3.3~3.6 GHz (外置天线)	间隔 10 m 安装, LED 屏下 < 1 m, 波束由下向上打
方案 5	通道顶	5	RRU	5G (3.3~3.6 GHz) 5G 毫米波	共 5 个 RRU, 波束指向场心位置

所示。

通过方案 1+方案 3 的整体覆盖, 能够满足场心容量需求及连续覆盖需求。方案 1 的 pRRU 方案通过小区的合理划分及 DMM 技术能够有效保障场心 ToC 用户的高爆发感知。同时, 方案 3 的整体覆盖也能够满足行业直播稳定传输、高可靠要求, 有效提升媒体用户现场多角度直播、跟拍直播的要求。能够提供 ToC 用户 2 Gbit/s 的上行容量和 ToB 高可靠用户 300 Mbit/s 的上行容量。覆盖示意如图 7 所示。

4 ToB/ToC 保障策略

图 8 所示为国家体育场 ToB/ToC 保障可行方案示意。

根据前面所述, 分别计算 3 种 ToB/ToC 策略中 ToB 业务总容量, 评估方式如下。

方案 1: ToB 独享 5G 基站, ToC 承载在 3G/4G 网络。

方案 2: 载波隔离, ToB 独占 2 个载波。

方案 3: RB 预留+5QI 切片, ToC 只保留微信和阅读所需 450 kbit/s。

对应 3 种场景下 5G 网络 ToB 单小区和网络总容量能力如表 5 所示, 速率容量单位为 Mbit/s。

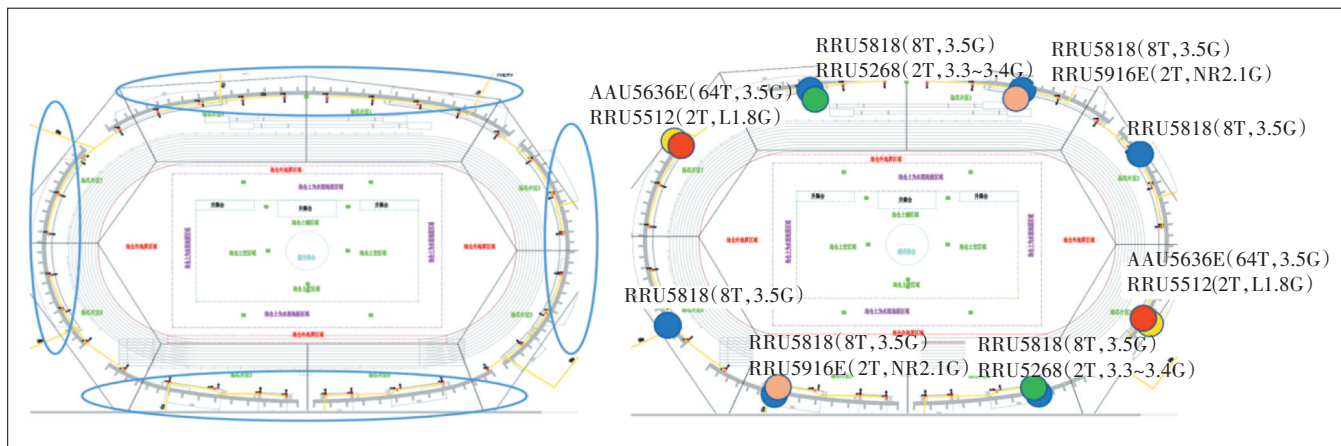


图5 国家体育场场心pRRU位置与顶棚AAU位置

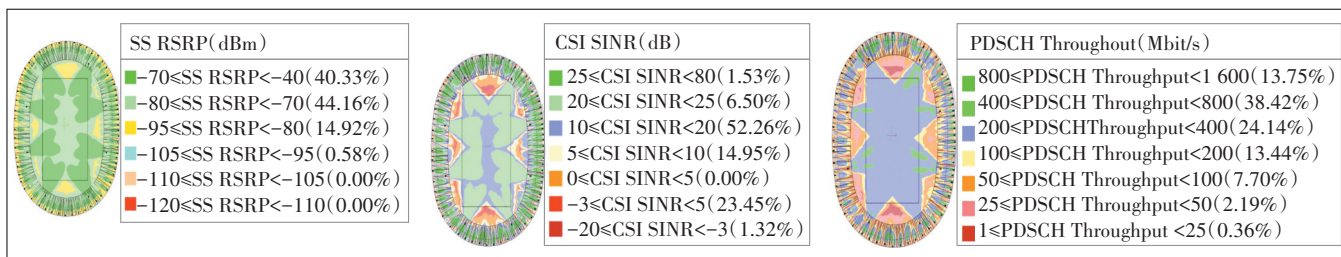


图6 国家体育场场心方案1+方案3仿真效果

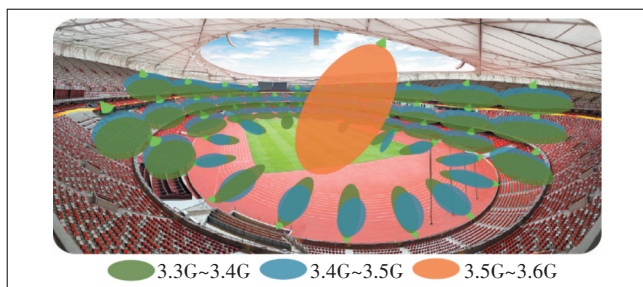


图7 国家体育场 ToB/ToC 整体覆盖示意

通过以上计算数据,根据实际用户的需求,国家体育场采用3载波覆盖,同时ToB用户还储备NR2.1、毫米波手段。根据各用户需求,ToB用户独享5G的方案风险较大,作为特殊区域的储备保障手段,不能在国家体育场整体实施。计划采用载波隔离+5QI切片的方案,完全能够满足上文所述的ToB数据传输及视频直播业务,对于媒体视频直播等高可靠需求用户采用载波隔离方案,对于其他数据传输类ToB业务采用

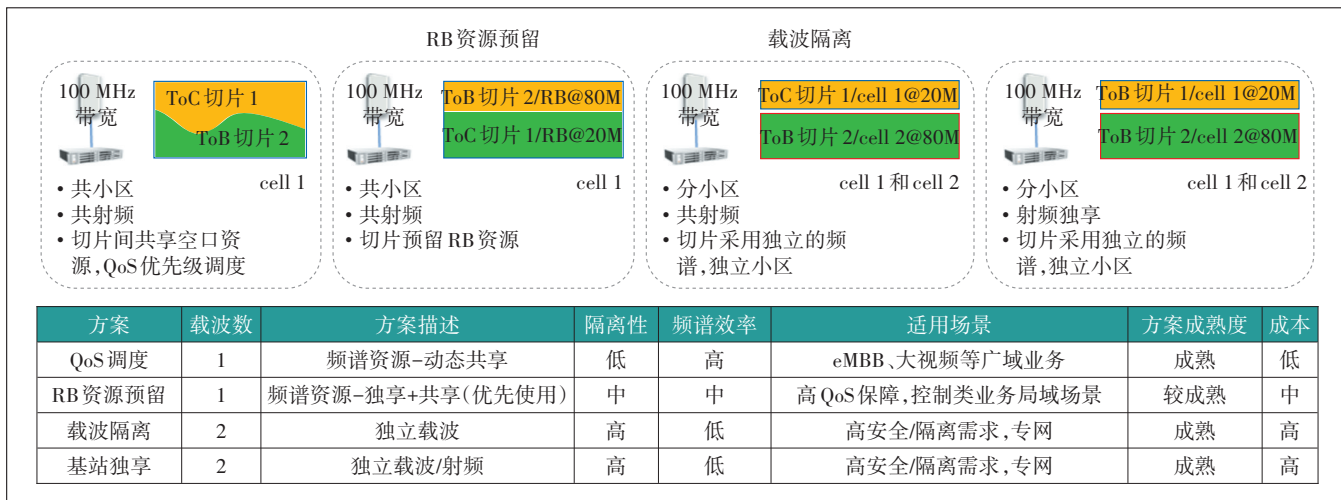


图8 国家体育场 ToB/ToC 保障可行方案

5QI 切片方案共享 ToC 用户载波资源。实施策略如表 6 所示。

5 应用效果

通过大话务压力测试验证开闭幕式大话务冲击下的网络安全性、有效性和健壮性。看台区域高密重载场景极限测试效果达到网络设计阶段预期, 预计 100 MHz 带宽 DMM 小区下行容量为 220 Mbit/s, 上行

容量为 100 Mbit/s; 单用户下行感知速率为 5.2 Mbit/s, 上行感知速率为 2.4 Mbit/s, 可满足用户高清视频及微信上传图片感知需求。场心区域高密重载场景 AAU 小区下行容量为 160 Mbit/s, 上行容量为 140 Mbit/s, 也能够保障 ToB 业务实施, 储备保障 ToC 业务。表 7 给出了国家体育场大压力测试详表。

ToB 业务能力测试, 主要集中于上行业务的数据传输, 除普通的数据传输类业务, 一些关键媒体的直

表 5 国家体育场 ToB 容量预算详表

区域		看台运动员区域		一层看台其他区域		二层看台		三层看台		场心	
人数		2 800		23 000		30 000		25 000		3 000	
忙时平均激活用户数		294	392	603.8	805	787.5	1050	656.3	875	292.5	292.5
扇区数		4		10		14		12		8	
小区数		12		30		42		36		16	
上行/下行		下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行
ToB 独享 5G 基站	ToB 小区	300	136	300	136	300	136	300	136	80	15.4
	ToB 总容量/(Mbit/s)	3 600	1 632	9 000	4 080	12 600	5 712	10 800	4 896	1 280	246.4
载波隔 离	ToB 小区	300	136	300	136	300	136	300	136	80	15.4
	ToB 总容量/(Mbit/s)	2 400	1 088	6 000	2 720	8 400	3 808	7 200	3 264	1 280	246.4
切片	ToB 小区	273	100	321	138	292	125	284	122	72	7
	ToB 总容量/(Mbit/s)	3 277	1 201	9 635	4 134	12 254	5 251	10 212	4 375	1 151	118

表 6 国家体育场用户保障实施策略

用户类型	用户细分	主要位置	保障策略
ToC	观众	看台、公共区	ToC 载波 3.3~3.5 GHz
ToC	运动员、官员、保障人员	场心、看台、公共区	ToC 载波 3.3~3.5 GHz
ToB	关键需求官员、保障人员	场心、看台、公共区	ToC 载波 3.3~3.5 GHz, 5QI 切片
ToB	媒体普通数据传输业务	场心、看台、公共区	ToC 载波 3.3~3.5 GHz, 5QI 切片
ToB	媒体直播业务	场心、看台、公共区	ToB 载波 3.5~3.6 GHz, 隔离
ToB	保障关键传输业务	场心、看台、公共区	ToB 载波 3.5~3.6 GHz, 隔离

表 7 国家体育场大压力测试详表(单位: Mbit/s)

编号	位置	设备	站型	业务类型	邻区状态	小区上行容量	小区下行容量	用户上行感知速率	用户下行感知速率	
1	看台	新型 室分	DMM 小 区	单业务上行	不加扰	570+	-	13.6+	-	
2					加扰	270	-	6.4	-	
3				单业务上行	加扰	100	-	2.4	-	
4				单业务下行	加扰	-	220	-	5.2	
5				混合业务	加扰	170	225+	4.0	5.4+	
6			普通小 区	单业务上行	不加扰	140	-	3.3	-	
7					加扰	80	-	1.9	-	
8					单业务下行	加扰	-	90	-	2.1
9					混合业务	加扰	75	100	1.8	2.4
10	场心	宏站	宏站 64T6 4R 小区	单业务上行	不加扰	370	-	8.8	-	
11					加扰	200	-	4.8	-	
12				单业务下行	加扰	-	160	-	3.8	
13				混合业务	加扰	140	160	3.3	3.8	

播业务还需要同时关注时延抖动指标的影响,通过对场心区域 ToB/ToC 网络的遍历对比测试,评估保障能

力。相关指标如图 9 所示。

ToB 业务保障用以 OBS、央视、新华社、云转播等

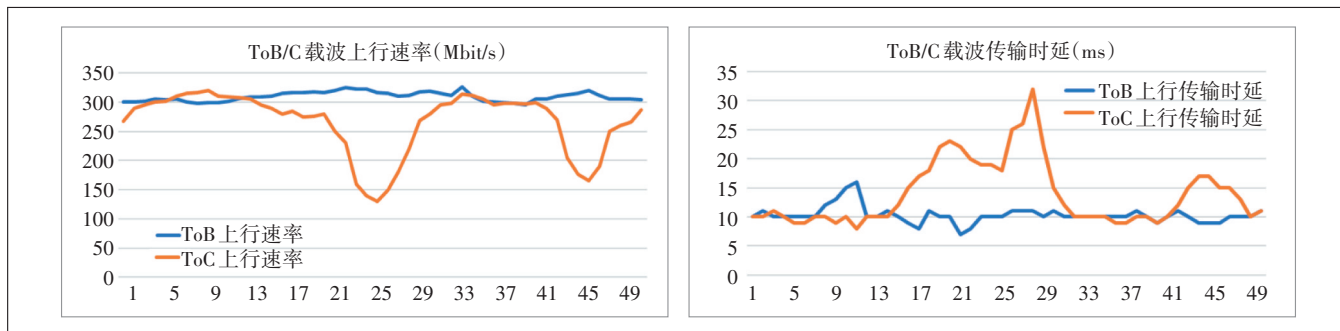


图 9 ToB/ToC 载波性能对比

国内外各主要媒体,实现了基于 5G 的无线网络的视频直播和视频回传。视频直播业务主要使用 ToB 独立隔离载波保障,其传输速率稳定,时延抖动可靠,受现场无线环境影响较小,能够较好适应应用需求。能够满足稳定 300 Mbit/s 的传输速率及 10 ms 左右的传输时延,基本满足媒体直播传输指标要求。

6 结束语

本文案例从保障重大国际赛事出发,坚持高标准严要求,坚持高性能与高可靠并行,最终达到了预期的测试效果。同时在实际保障过程中,也有效地保障了现场赛事通信需求,有效应对了容量爆发。通过现场的有效检验,证明在 5G 高密重载场景重大赛事保障过程中,本方法所论述的空频多维组网方案,充分利用大型场馆现有资源,既能满足 ToC 用户的大容量高爆发,又满足了 ToB 用户的稳定可靠传输,为大型场馆组网保障及重大活动 5G 保障提供了可靠有效的借鉴。

参考文献:

[1] 王胡成,徐晖,程志密,等. 5G 网络技术研究现状和发展趋势[J]. 电信科学, 2015, 31(9): 156-162.
 [2] ZHANG Y H, ZHAO J F, ZHENG D. Efficient and privacy-aware power injection over AMI and smart grid slice in future 5G networks [J]. Mobile Information Systems, 2017, 2017: 3680671.
 [3] 本刊讯. IMT-202(5G)推进组发布 5G 技术白皮书[J]. 中国无线电, 2015(5): 6.
 [4] 王晓宇. 5G 核心网演进和特点[J]. 数字通信世界, 2018(2): 130, 278.
 [5] LARSSON E G, EDFORS O, TUFVESSON F, et al. Massive MIMO for next generation wireless systems[J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(2): 186-195.
 [6] JUNGNICHEL V, MANOLAKIS K, ZIRWAS W, et al. The role of

small cells, coordinated multipoint, and massive MIMO in 5G [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(5): 44-51.
 [7] 孟月. 华为朱慧敏:新基建 5G 产业大发展 5GtoB 看中国[J]. 通信世界, 2020(16): 14.
 [8] 刘琪,洪高风,邱佳慧,等. 基于 5G 的车联网体系架构及其应用研究[J]. 移动通信, 2019, 43(11): 57-64.
 [9] 刘虹. 5G 专网在智慧医疗中的应用[J]. 移动通信, 2022, 46(4): 91-96.
 [10] 齐峰,岳殿武,孙玉. 面向 6G 的智能反射面无线通信综述[J]. 移动通信, 2022, 46(4): 65-73.
 [11] XU L X, CHEN Y, GAO Y. Self-organizing load balancing for relay based cellular networks [C]//2010 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology. Bradford, UK: IEEE, 2010: 791-796.
 [12] XU L X, CHEN Y, SCHORMANS J, et al. User-vote assisted self-organizing load balancing for OFDMA cellular systems [C]//2011 IEEE 22nd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. Toronto, ON: IEEE, 2011: 217-221.
 [13] YANG Q Y, YAN J Y, ZHANG X, et al. Decentralized detection for B5G massive MIMO: when local computation meets iterative algorithm[J]. Physical Communication, 2022, 51: 101554.
 [14] MEZAIER T, DJENOURI Y, BELHADI A, et al. A sustainable deep learning framework for fault detection in 6G Industry 4.0 heterogeneous data environments[J]. Computer Communications, 2022, 187: 164-171.
 [15] 齐峰,岳殿武,孙玉. 面向 6G 的智能反射面无线通信综述[J]. 移动通信, 2022, 46(4): 65-73.

作者简介:

王蕾,毕业于清华大学,工程师,硕士,主要研究方向为无线通信网络大规模组网、下一代无线通信技术研究、未来数智场景应用;曾伟,毕业于南京邮电大学,高级工程师,硕士,主要研究方向为无线通信网络大规模组网、下一代无线通信技术研究、无线通信与多行业创新应用;宋扬,毕业于北京邮电大学,高级工程师,主要研究方向为通信网络大规模组网、行业创新应用通信网络规划设计、特殊场景无线网络设计研究、下一代无线通信网络技术;常虹,毕业于河北工业大学,工程师,硕士,主要研究方向为无线通信网络规划设计、大规模组网、下一代无线通信技术研究、无线通信与多行业创新应用。