

大型体育场 5G 网络规划设计研究

Research on 5G Network Planning and Design in Large Stadiums

田彦豪, 毕 猛, 侯彦庄, 吴 迪 (中国铁塔股份有限公司5G技术创新中心, 河南 郑州 450000)

Tian Yanhao, Bi Meng, Hou Yanzhuang, Wu Di (5G Technology Innovation Center of China Tower Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

摘 要:

在进行大型体育场馆的5G网络规划设计时,较传统的2G/3G/4G网络新增了容量协同、同频干扰控制等诸多方面的挑战。结合某大型体育场馆的规划设计,给出针对性的方案,为其他大型体育场馆的5G规划设计提供参考。

关键词:

5G; 大型场馆; 规划设计

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.10.010

文章编号: 1007-3043(2021)10-0048-05

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 the planning and design of 5G network in large stadiums, compared with the traditional 2G / 3G / 4G networks, there are many new challenges, such as capacity coordination, co frequency interference control. Combined with the planning and design of a large stadium, it puts forward the targeted solutions, which provides reference for 5G planning and design in other large stadiums.

Keywords:

5G; Large-scale stadium; Planning and design

引用格式: 田彦豪, 毕猛, 侯彦庄, 等. 大型体育场5G网络规划设计研究[J]. 邮电设计技术, 2021(10): 48-52.

0 引言

随着5G网络的快速建设和行业应用的逐步普及,大型体育场场景的5G网络规划设计和建设需求也越来越突出,5G网络的独特特点,使其面临许多新的挑战,亟需针对该重点场景的规划设计方法进行分析研究,制定对应方案。

1 5G网络规划设计面临的挑战

大型体育场在2G/3G/4G时代主要面临容量需求高和干扰控制难两大难题。在5G时代将面临更多

新的挑战。以中国移动为例,主要面临如下4个方面的挑战。

a) 4G/5G容量协同要求高。中国移动有2 515~2 675 MHz共160 MHz的2.6 GHz频谱,既可用于4G,也可用于5G。针对大型体育场这种高容量场景,既要保障4G的容量,又要保障5G的业务需求。160 MHz的频率带宽在4G和5G如何分配,直接影响频率规划和小区划分,在4G/5G容量的协同设计方面尤为重要。

b) 新增4G锚点站和5G站的协同规划。在非独立组网(NSA)结构下,5G的信令服务需要4G锚点站提供,5G基站要和4G锚点站协同配合规划,使5G用户在4G锚点站易进难出,确保5G用户在5G网络的驻留。

收稿日期: 2021-08-27

c) 同频干扰控制难度大。移动网络在4G阶段采用室内外异频组网方案,但在5G阶段采用室内外同频组网,在5G方案设计时需要考虑做好物理隔离和覆盖控制,降低场馆内外部的同频干扰。

d) 垂直行业应用业务需求高。5G网络面对的不仅仅是普通个人客户,面对的行业应用也越来越多,如4K电视直播等,5G网络的规划开始从基于网络指标的设计向基于业务的设计转变。

2 5G 规划设计应对方案

结合郑州奥体中心体育场的5G网络规划设计过程,研究总结具体的应对方案。郑州奥体中心为2019年举行的第十一届全国少数民族传统体育运动会的举办场地,设体育场1座,可容纳观众50 000人,是河南省单体建筑面积最大的公建项目。

2.1 总体规划设计思路

体育场的规划设计需考虑场馆周边主干道、场馆进出区域及场馆内部各功能区等不同区域的差异性覆盖,总体设计思路为:主干道宏站覆盖,场馆进出区域微站吸热,场馆不同功能区采用无源室分和有源室分相结合的覆盖方式。

宏站和微站的5G规划设计方法和4G基本一致,下面主要就场馆的5G网络规划设计方案进行介绍。

2.2 5G 覆盖规划

综合4G和5G的信源导频功率、2.6 GHz与2.3 GHz频段在馈线和无源器件插损差异、2.6 GHz与2.3 GHz频段空间传播损耗和穿透损耗差异等因素,在典型室分场景下,通过链路预算分析,2.6 GHz频段的5G覆盖电平和2.3 GHz频段的4G覆盖电平差值在1 dB以内,具体计算过程如表1所示。

在覆盖规划设计时,2.6 GHz频段的5G点位按照传统的2.3 GHz的4G进行规划即可满足5G覆盖要求。

2.3 4G/5G 容量协同规划

体育场可容纳观众50 000人,按照中国移动用户的渗透率70%,中国移动4G用户渗透率为100%,保证单用户下行速率1.5 Mbit/s(高清视频)和上行速率200 kbit/s(即时通信)的业务体验速率的情况下,预计需要168个4G小区才满足移动4G用户接入需求;5G网络仍处在初期用户发展阶段,容量暂不存在瓶颈,重点保障5G用户体验质量。

结合体育场的3层看台结构,体育场1层设计40个扇区、2层设计30个扇区、3层设计22个扇区,每个扇区规划2个4G小区的双载波,看台区域共规划4G小区数为 $(40+30+22) \times 2 = 184$ 个,可满足容量需求。中央草坪区域共规划8个扇区,16个4G小区,作为中间草坪有观众的演唱会等场景备用。

为保障容量均衡,将E1 20 MHz、E2 20 MHz、D3 20 MHz、FDD 1800 15 MHz终端渗透率较高且带宽较大的频点作为主用频点;D7 20 MHz、D8 20 MHz终端渗透率偏低,E3 10 MHz、FDD 1800 10 MHz带宽较小,作为容量补充频点。5G开通100 MHz带宽小区。

根据以上分析,对4G/5G的频率规划如表2所示。

随着用户业务特征的变化,可将中国移动2.6 GHz的160 MHz频率带宽根据4G和5G的负荷灵活调整。比如在4G单用户需求速率较高时,可将非关键区域的5G小区带宽由100 MHz调整至60 MHz,4G小区进行2.6 GHz频段扩容。另外,900 MHz频段也可用于FDD进行容量补充。

表3为扩容后的频率规划表,在1层看台和2层看台扩容2.6 GHz频段和FDD 900 MHz的4G小区,共增

表1 2.6 GHz的5G和2.3 GHz的4G覆盖电平差异计算表

序号	类别	5G和4G的覆盖差异 (无源室分)	5G和4G的覆盖差异 (有源室分)	说明
1	子载波功率 差异/dB	$\Delta 1 = [10\lg(100/0.001) - 10\lg(273 \times 12)] - [10\lg(20/0.001) - 10\lg(100 \times 12)] = 2.63$		①4G小区为20 MHz带宽,设备单通道功率20 W ②5G小区为100 MHz带宽,设备单通道功率100 W
2	DAS损耗差 异/dB	$\Delta 2 = (7.3 - 6.6) / 100 \times 20 + (12.5 - 11.4) / 100 \times 50 = 0.69$	$\Delta 2 = 0$	①主要由功分器插损、耦合器的耦合损耗、1/2" & 7/8"馈线传输损耗以及天线损耗构成 ②功分器、耦合器、天线在2个频段的指标基本一致 ③按照20 m的7/8"馈线和50 m的1/2"馈线估算,2.6 GHz损耗比2.3 GHz大0.69 dB ④有源室分不涉及
3	自由空间损 耗差异/dB	$\Delta 3 = 20\lg(2\ 600) - 20\lg(2\ 300) = 1.06$		自由空间损耗: $PL_{InH-LOS} = 32.4 + 17.3\lg(d_{3d}) + 20\lg(f_c)$
4	穿透损耗差 异/dB	$\Delta 4 = 4 \times (2.6 - 2.3) = 1.2$		根据3GPP TS 38.901,混凝土墙场景穿透损耗 $L = 5 + 4f$, f 的单位为GHz
	覆盖电平差异/ dB	$\Delta = \Delta 1 - \Delta 2 - \Delta 3 - \Delta 4 = -0.32$	$\Delta = \Delta 1 - \Delta 2 - \Delta 3 - \Delta 4 = 0.37$	-

表2 体育场频率规划表

区域	A组频点			B组频点		
	中央草坪区域	FDD 1800 15 MHz	NR 100 MHz	-	F1 + F2	E3 10 MHz
1层看台	E2 20 MHz	FDD 1800 10 MHz	NR 100 MHz	E1 20 MHz	D8 20 MHz	GSM900
2层看台	FDD 1800 15 MHz	E3 10 MHz	NR 100 MHz	D3 20 MHz	D7 20 MHz	GSM900
3层看台	E2 20 MHz	FDD 1800 10 MHz	NR 100 MHz	E1 20 MHz	D8 20 MHz	GSM900

表3 体育场4G网络扩容后频率规划表

区域	A组频点				B组频点			
	1层看台	E2 20 MHz	FDD1800 10 MHz	D2 20 MHz	NR 60 MHz	E1 20 MHz	D8 20 MHz	D1 20 MHz
2层看台	FDD1800 15 MHz	E3 10 MHz	D2 20 MHz	NR 80 MHz	D3 20 MHz	D7 20 MHz	FDD900 10 MHz	GSM900
3层看台	E2 20 MHz	FDD1800 10 MHz	-	NR 100 MHz	E1 20 MHz	D8 20 MHz	-	GSM900

加60个4G小区。

中国移动主要频段对应的频率如图1所示。

2.4 4G锚点和5G协同规划

在NSA组网场景下,一旦NSA用户接入非4G锚点站,将导致无法添加NR(New Radio)辅载波,从而无法享有5G业务。考虑到5G终端对4G锚点频点的支持度、FDD 1 800 MHz系统的大容量优势及网络维护复杂度等因素,目前中国移动以FDD 1 800 MHz系统的4G站点做锚点为主。FDD 1 800 MHz的4G锚点站和5G的协同规划设计非常重要。

4G锚点站的负荷过载也会影响5G用户的感知,在进行4G业务均衡过程中,优先保障4G锚点站的负荷不过载。

在空闲态,4G锚点站和非锚点站通过专用小区重选优先级,来确保5G终端能够准确、稳定地驻留在4G锚点站上。在连接态,为让5G终端尽量保持在4G锚点站,在4G锚点站和非锚点站对切换策略进行差异化设置,4G锚点站侧切换主要采用A2+ A4事件(用于

4G锚点站切向于非锚点站),同时设置较低的A2事件的触发门限(如-105 dBm),难以启动异频/异系统的测量,确保5G终端在4G锚点站信号较好时,较难触发到非锚点站的切换;非锚点站侧主要采用A1+A4事件(用于非锚点站向4G锚点站之间),采用基于频率优先级的切换,设置较低的A1事件的触发门限(如-110 dBm),易于启动对锚点频点的异频测量,确保5G终端在非锚点站进行业务时,较易触发向4G锚点站的切换。

2.5 干扰控制设计

在干扰控制方面从硬隔离和软隔离2个维度来考虑规划设计,硬隔离主要是利用建筑物结构进行同频干扰的隔离,软隔离主要是通过异频交叉、天线合理选型精准覆盖来进行干扰控制。

a) 奥体中心体育场南北2个区域都是非封闭结构,需协同考虑周边宏站和微站的站址,避免宏站和微站的主瓣方向正对体育场的出入口,规避5G的室内外同频干扰。

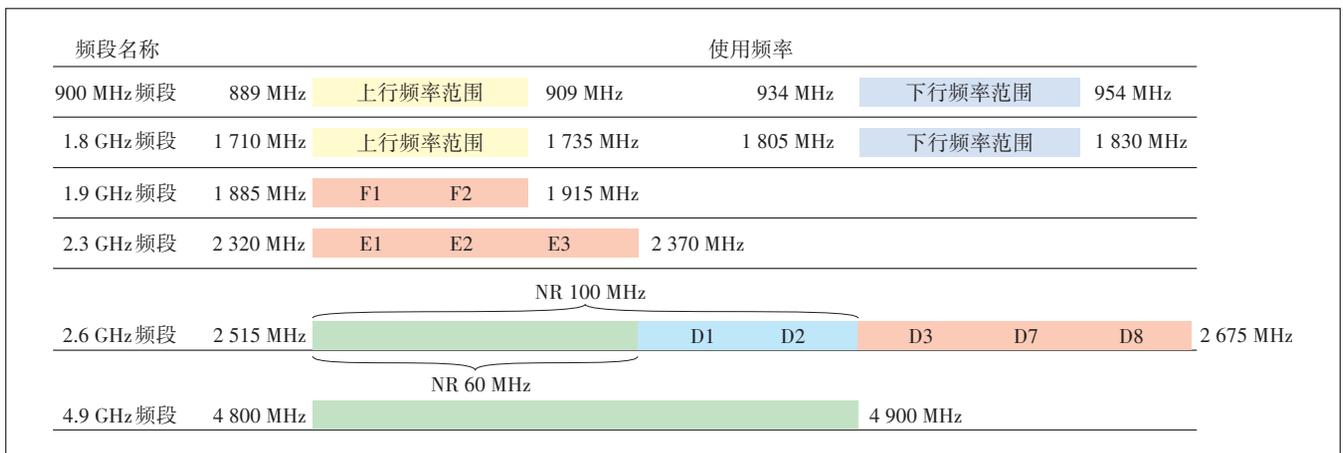


图1 中国移动主要频段对应频率图

b) 现阶段5G用户相对4G用户较少,但5G只能采取同频组网。在对体育场看台的频率进行规划时,4G采用层间频率交叉、同层A/B频率交替的组网方式

降低同频干扰。5G扇区部署密度在4G的基础上减半,加大物理隔离,降低同频组网带来的干扰(见图2)。

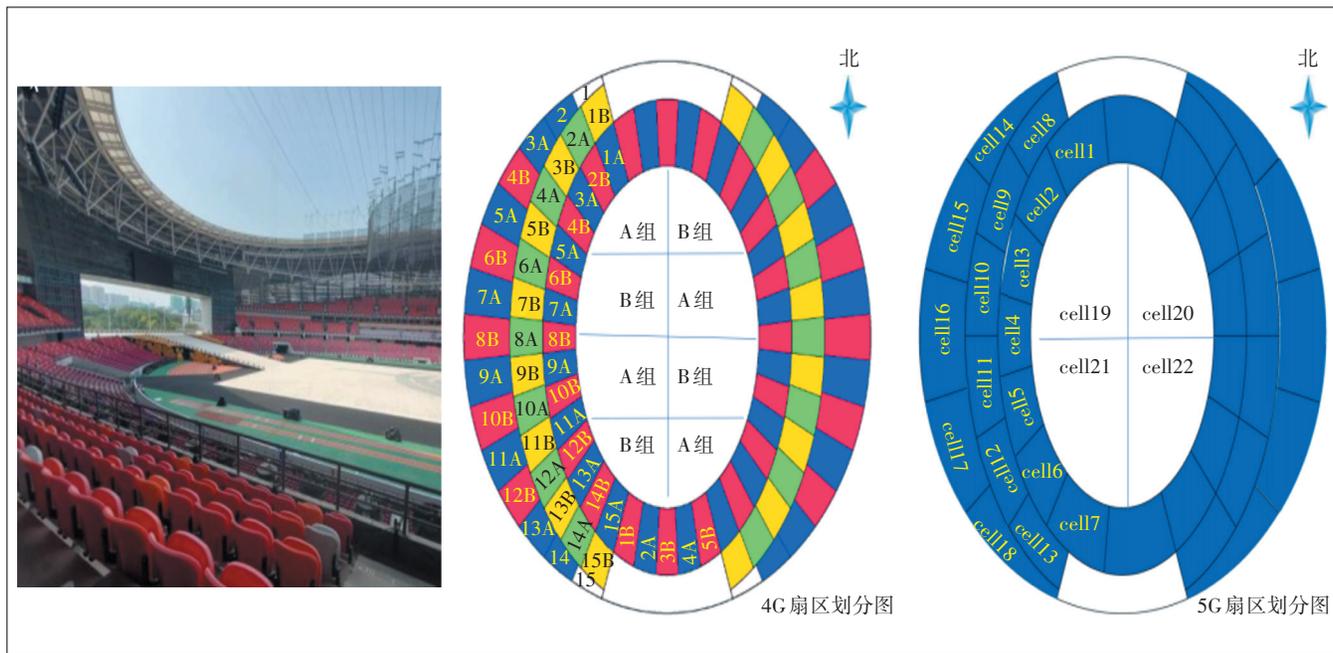


图2 体育场结构及4G/5G扇区划分示意图

c) 大型体育场馆天线选型的重点是看台区域天线的选型,其直接影响扇区覆盖范围和干扰分布。依据运营商的用户量、渗透率、感知速率计算出来扇区覆盖的用户数,根据场馆现场的座位密度和座位分布确定扇区需要覆盖的长度和宽度。通过扇区边界和天线可安装位置,确定需要天线的波瓣角(3 dB波瓣)。

如图3所示,以2层看台的天线选型为例,计算过程如下:天线所处的马道距离看台挂高约22 m,天线安装点位垂直于覆盖区域中线点,每个天线覆盖范围为22 m×22 m,所需天线水平波瓣角计算方法:DE-

$GREES \{ ATAN [(水平覆盖宽度 a/2) / 天线到座位的垂直距离 b] \} \times 2 = DEGREES \{ ATAN [(22/2) / 22] \} \times 2 = 53.2^\circ$ 。同样的方法计算垂直波瓣角也为53.2°。

根据天线厂家提供的天线信息,优选天线水平和垂直波瓣角接近53.2°的天线。

2.6 行业应用保障

考虑到各垂直行业对5G网络的需求,在规划设计阶段,需向物业方、主办方收集垂直行业的业务诉求,进行场景化的网络设计。表4为5G典型行业应用对应的业务指标需求表。

大型体育场馆涉及的行业应用主要为eMBB业务,如电视直播、视频回传、VR直播、5G安防等。针对大型体育场馆的行业应用,移动无线网络保障的方法主要有:

- a) 行业应用区域设置独立5G小区。
- b) 开通SA(StandAlone)网络提升上行速率。
- c) 移动160 MHz全带宽CA(Carrier Aggregation)小区。
- d) 4.9 GHz频段小区扩容等。

在本次体育场馆的行业应用保障中,涉及的5G行业应用及5G无线网规划设计方案如下。

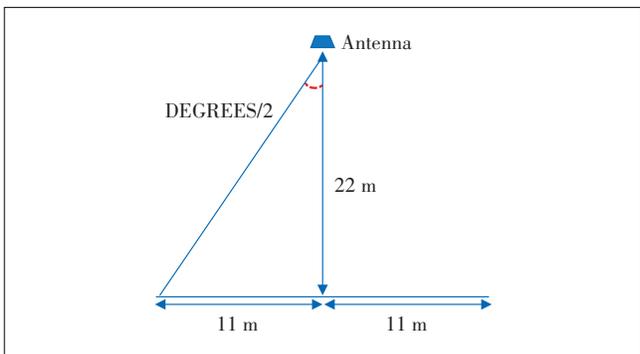


图3 天线波瓣角计算示意图

表4 5G典型行业应用对应的业务指标需求表

5G 场景	类型	关键指标需求				
		单用户上行带宽需求/(Mbit/s)	单用户下行带宽需求/(Mbit/s)	时延/ms	连接数/个	可靠性
eMBB	VR/AR	>5	>100	<5	局部 2~100	中
	家庭娱乐	1	30	<10	局部 2~50	低
	全景直播	30~40(4K)	1	<10	2~100	低
	工业相机	50	1.5	<100	2~100	低
uRLLC	无人机	>40(4K)	>40(4K)	ms级	2~100	中
	车联网	<1	<1	<10	2~50	高
	智慧医疗	10(1080P)	10(1080P)	<10	局部 10~1 000	高
	远程操控	<1	<1	5~100	局部百~万级	高
mMTC	智慧城市	bit/s级	bit/s级	<20	百万~千万级	中
	智慧农业	bit/s级	bit/s级	<10	千~百万级	中

a) 记者在全媒体指挥中心通过5G网络传输现场的新闻素材。5G规划设计方案:全媒体指挥中心单独分裂一个5G室分小区。

b) 位于体育场北侧的5G公交车现场直播高清电视,乘客免费体验5G速率;位于体育场东北的公安视频监控摄像头采集的高清视频通过5G回传到监控室。5G规划设计方案:2个业务区各独立规划一个5G宏站小区。

针对安全隔离和时延要求高的行业应用需联合核心网、承载网可采用网络切片、移动边缘计算等方案进行业务保障,具体保障手段需结合网络结构和行业应用需求进行合理选择。

3 结束语

大型体育场馆的5G网络规划设计相比4G有很大的不同,本文结合5G规划设计的挑战分析,给出了对应的解决方案,供类似场景的方案规划设计参考。

参考文献:

[1] 李睿,刘旭峰,高敏,等. 5G业务发展与运营商应对策略[J]. 通信世界,2018(9):21-22.
 [2] 王勇,刘诗虎,张清. 大型场馆4G+5G标准化组网方案研究[J]. 信息通信,2019(7):132-134.
 [3] 张欣旺,周娇,王大鹏,等. 5G室内多场景目标网覆盖方案[J]. 移动通信,2019,43(8):62-67.
 [4] 宋静川,钟连峰,陈青山,等. 面向容量保障的4G与5G频率协同研究[C]//5G网络创新研讨会(2019论文集).《移动通信》杂志社,2019:163-166.
 [5] 华为技术有限公司. 室内覆盖数字化5G解决方案技术指导书[EB/OL]. [2020-02-17]. <https://wenku.baidu.com/view/529e599532687e21af45b307e87101f69f31fbf5.html>.

[6] 罗宏,黄嘉铭. 针对行业用户的5G规划研究[J]. 广东通信技术,2020,40(8):2-4.
 [7] 周竞科. 5G室内覆盖系统建设方案探讨[J]. 中国新通信,2018,20(7):68-69.
 [8] 许浩,李辰. 5G室内覆盖规模部署研究与思考[J]. 电信科学,2020(S01):38-44.
 [9] 孙明珠,董建,赵欣,等. 5G室内覆盖目标场景选址策略探究[J]. 通信管理与技术,2019,164(6):42-44.
 [10] 李耀华. 室内5G覆盖数字化演进策略探讨[J]. 数字通信世界,2019,169(1):145+147.
 [11] 贝斐峰,李新. 5G前夜室内数字化覆盖将成网络发展主角[J]. 通信世界,2018(16):35-37.
 [12] 谭飞羿. 5G时代地铁隧道内多系统信号覆盖无源互调干扰分析[J]. Building Development,2019,3(1).
 [13] 董娟,贺鹏,张元龙. 多场景5G室内覆盖建设方案研究[J]. 电信科学,2019,35(S1):37-45.
 [14] 彭丽,苏雷,张沛. 5G室内覆盖发展浅析[J]. 数据通信,2020,194(1):11-12+58.
 [15] 陈杨,杨芙蓉,余扬尧. 5G覆盖能力研究[J]. 通信技术,2018,51(12):86-93.
 [16] 曹广山,张胜东,马云刚. 基于8T8R大功率设备高铁场景下的5G覆盖方案研究[J]. 广东通信技术,2020,330(6):12-16+21.
 [17] 张欣旺,王东,邓伟,等. 5G室内覆盖网络需精细化建设智能化演进[J]. 通信世界,2020(8):28-31.
 [18] 袁周阳,赵伟康,吴迪. 基于UMa和RMa传播模型的5G覆盖性能研究[J]. 移动通信,2020,488(10):5-10.

作者简介:

田彦豪,毕业于郑州大学,工程师,学士,主要从事5G室分方案研究、网络规划优化等工作;毕猛,毕业于西安交通大学,高级工程师,主要从事5G室分、物联网的创新与研究;侯彦庄,毕业于重庆邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G室分产品创新与研究;吴迪,毕业于北京航空航天大学,工程师,硕士,主要从事5G室分以及边缘计算研究工作。