

基于SSB广播权值的5G网络基站覆盖规划研究

Research on SSB Broadcast Weight Planning of 5G Network Coverage

杨新,邓巍,贺肖荣(中国联通重庆分公司,重庆 400000)

Yang Xin,Deng Wei,He Xiaorong (Chongqing Branch of China United Network Communication Co.,Ltd,Chongqing 400000,China)

摘要:

基于5G网络新空口Massive MIMO和广播模式变化的特性,从5G MM天线波束赋形和立体覆盖入手,对SSB广播权值组成和计算、规划思路和方法进行了分析和探讨。同时,采用分场景的SSB规划策略,给出了典型场景的建议权值,并结合实例对规划过程分析和验证。最后对5G网络SSB权值规划提供了一套可借鉴的流程和方法,在5G规模建网期间具有很强的实战价值。

关键词:

5G; Massive MIMO; SSB; 广播权值; 网络规划

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.11.009

文章编号: 1007-3043(2021)11-0042-06

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:

Based on the characteristics of the Massive MIMO and broadcast mode, starting from 5G MM antenna beamforming and 3D coverage, the composition, calculation and planning ideas and methods of SSB broadcasting weight are analyzed and discussed. At the same time, the strategy of SSB planning is used, and the recommended weights of typical scenes are given, and the planning process is verified with examples. Finally, it provides a set of process and method for SSB weight planning of 5G network, which has a strong practical value in the period of network construction.

Keywords:

5G; Massive MIMO; SSB; Broadcast weight; Network planning

引用格式: 杨新,邓巍,贺肖荣. 基于SSB广播权值的5G网络基站覆盖规划研究[J]. 邮电设计技术, 2021(11): 42-47.

1 概述

相比2G/3G/4G基站,5G NR基站有较大的变化,常规的RRU+天馈系统被AAU替代,天线的波束由常规的单宽波束变化为多波束扫描的形式,如图1所示,传统的天线方位角和下倾角决定覆盖范围的理论发生了变化,AAU的实际覆盖波形由AAU的大规模矩阵天线波束赋形+物理参数共同决定。因此,AAU的覆盖规划是网络规划的重要组成部分,其对网络建设效果有较大的影响,应当给予足够的重视。本文将重点

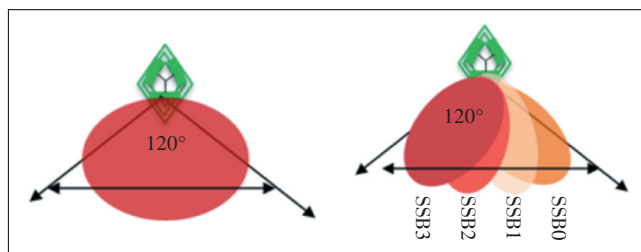


图1 传统天线与5G AAU波束覆盖对比示意图

探讨5G NR基站SSB广播权值的规划原理和方法。

2 5G MM和SSB广播权值

2.1 Massive MIMO天线干扰与倾角规划

收稿日期: 2021-10-09

Massive MIMO 是 5G 的关键核心技术之一,基站利用上百个天线的空分复用优势,成倍提升系统容量,MM 技术是 5G 容量提升的核心技术。大规模矩阵天线具有如下特性。

- 天线数量的增加,可以使波束更窄,天线增益更高。
- 大规模天线的波束赋形,使波束赋形更加精准。
- 水平面可以空分更多用户,有效降低用户间干扰。
- 垂直面可以实现立体赋形,有效提升立体覆盖效果。
- 可以显著地降低系统内干扰,提升信噪比。
- 窄波束赋形有利于控制干扰,更加容易达成多流多用户 MIMO(MU-MIMO),提升频谱效率,64TR 最多支持 32 流,可以提升 5 倍+的频谱效率。

2.1.1 波束四元组

5G 典型的 Massive MIMO 天线是 64 通道 192 天线振子,为 8 列×4 行×2 极化,2 个极化方向的天线使用相同的权值,总共是 32 组权值数据生成一个波束,通过设置每个端口的权值,可以形成需要的子波束形态。

波束可用 4 元组进行刻画,由水平波束宽度、垂直波束宽度、方位角、倾角来实现每个子波束的覆盖信息。

2.1.2 MM 天线干扰

Massive MIMO 天线垂直面的 3 dB 宽度角与振子倍数成反比,每增加一倍振子数,则垂直 3 dB 宽度减小一半。64TR 天线,采用 $12 \times 8 \times 2 = 192$ 个半波振子,其中垂直维度采用 3 振子合一组组成 1 个通道,总共 $4 \times 2 \times 8 = 64$ 个通道。8TR 天线,采用 $12 \times 4 \times 2 = 96$ 个半波振子,其中垂直维度采用 12 振子合一组组成 1 个通道,总共 $1 \times 4 \times 2 = 8$ 个通道。垂直面每通道振子数,8TR 是 64TR 的 4 倍,所以垂直面 3 dB 角度,64TR 是 8TR 的 4 倍。8TR 宏站的垂直面 3 dB 宽度很小,一般只有 $6 \sim 8^\circ$,无需设置较大物理下倾角,即可避免邻区 UE 的上行干扰落入 3 dB 主瓣范围。

对于 64TR AAU 来说,垂直面单元 3 dB 宽度达到 $26 \sim 28^\circ$,并且上、下行波形不一致,对于工参有着不同的需求。

下行:信号经过多端口数字权值赋形后,再从天线发射,波形已经是各通道加权后的结果,此时波束垂直宽度和传统天线近似,所对应的工参也与传统天

线相近。

上行:信号在单个通道接收后,再通过权值加权合并产生赋形增益;在进入天线时,波形是单通道的大垂直宽度,因此需要大机械下倾,才能避免邻区的 NI 落入 3 dB 主瓣接收范围(见图 2)。

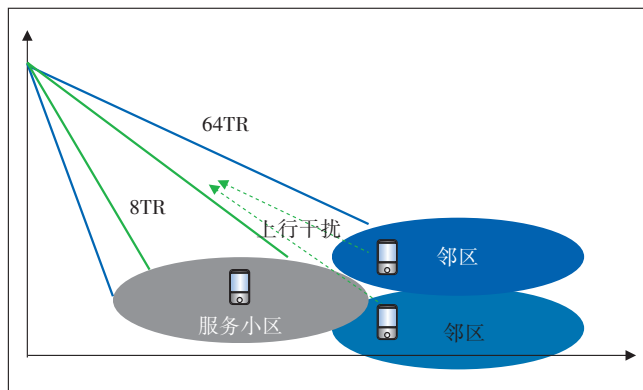


图2 64TR上行干扰原理图

2.1.3 MM 天线大倾角规划

由于 MM 天线的干扰问题,建议的工参设计原则为:基于大下倾策略进行 MM 机械下倾角规划,主要有 2 种情况。

a) 5G 工参继承现网 4G 网络。

(a) 5G 初始下倾角为 4G 机械下倾角+电子下倾角。

(b) 初始总下倾角小于等于 12° ,则 AAU 机械下倾角等同初始总倾角 -3° ,下行广播电子倾角为 3° 。

(c) 初始总下倾角大于 12° ,则 AAU 机械下倾角固定为 12° ,不足采用广播电子下倾补充。

b) 4G/5G 非 1:1 共站或现网 4G 工参准确度较差。5G 初始下倾角参考理论建议值(基于站间距及站高关系)如表 1 所示,全部采用机械下倾方式,SSB 电子下倾配置为 0° 。

2.2 SSB 广播权值原理与规划

2.2.1 SSB 与广播权值覆盖模型

在 5G 空口设计中,为了节省系统资源,降低系统间干扰,取消了 4G 空口中核心的 CRS 参考信号,引入了 SSB 块来进行覆盖的测量;协议规定,SSB 块由 PBCH+PSS+SSS 块组成,一个 SSB 块由时域上 4 个 OFDM 符号和频域上 20 个 PRB 来组成。

SSB 块具有如下特性。

a) 时域可以灵活配置,时域发送周期灵活可配,发送周期可配 5/10/20/40/80/160 共 6 种周期配置,最短为 5 ms,最大间隔为 160 ms。

表1 MM天线机械倾角推荐设置(单位:°)

MM机械下倾配置建议		站高/m						
		20	25	30	35	40	45	50
站间距/m	150	10	12	12	12	—	—	—
	200	8	10	12	12	12	12	—
	250	6	8	10	11	12	12	12
	300	5	7	8	10	11	12	12
	350	5	6	7	8	9	11	12
	400	4	5	6	7	8	9	10
	450	4	4	5	6	7	8	9
	500	3	4	5	6	7	7	8
	550	3	4	4	5	6	7	8
	600	3	3	4	5	6	6	7
	650	2	3	3	4	5	5	6
	700	2	2	3	4	4	5	5

b) 频域发送位置灵活,只占用20个RB。

c) 可以达成时域+空域波束扫描:SUB6G最大支持8波束轮发(扫描)、不同的SSB块波束按时间轮发(扫描)、每个子波束可以自定义水平和垂直方向与波瓣宽度。

d) 小区广播预先定义 N 个子波束后,各子波束之间通过时分的方式依次轮询发送,终端在搜索小区的时候,通过测量各子波束的信号强度,选择信号强度最强的子波束作为自己的驻留波束。

e) 用于覆盖测量,测量值为SS-RSRP和SS-SINR;用于重选、切换、波束选择与判决;空闲态、业务态均可测量。

协议规定,在每个SSB发送周期(常用20ms)内,SSB脉冲需要在前2ms内发送完毕(见图3),而SSB在每个SLOT的时域位置固定为symbol2~5和symbol8~11,所以在中国联通/中国电信2.5ms双周期帧结构、子载波间隔30kHz模式下,中国联通/中国电信支持最大7个SSB。

在一个AAU下,通过不同子波束组合而形成整个小区的覆盖波束图形,灵活的波束可以按需达成水

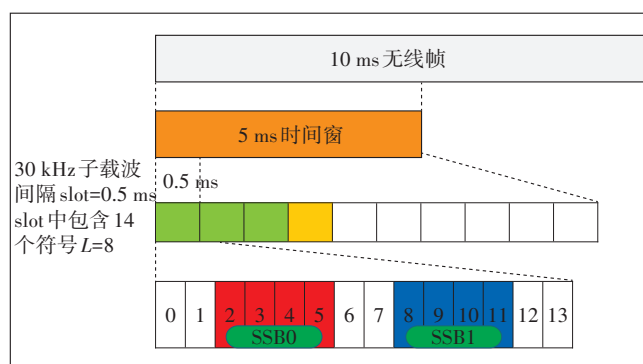


图3 SSB时域位置图

平、垂直或者水平+垂直的立体覆盖,这就是SSB广播权值扫描覆盖模型。

广播权值的设置,可以使用固定常用配置,也可以按需自定义个性配置,支持在网络后台灵活自动调整相关波束信息,常用广播权值覆盖模型如表2所示。

2.2.2 广播权值功率分配

在5G网络中,功率分配化繁为简,原因之一是没有了CRS参考信号,之二是没有了LTE网络中的PA/PB功率分配方式,5G功率分配原则是在频率资源上,所有RE平均分配功率。

5G网络的PRB分配规则与4G一致,频域上的12个连续的子载波组成一个RB,时域上是一个OFDM符号(见图4)。

在3GPP TS 38.101的第5.3.2条中详细规定了每种子载波间隔下的RB数量,在中国联通/中国电信100MHz带宽30kHz的子载波间隔模式下,一共有273个PRB。以常规200W AAU在100MHz带宽的工作模式下计算,每RE的最大可用发射功率为200W/(273×12)=0.06105W=17.8dBm,每RE的发射功率也即代表了SSB的发射功率。

常用AAU SSB发射功率计算公式:SSB RS=AAU发射功率(dBm)-10×lg(载波数量×12×PRB数量)=SSB发射功率(dBm);常用载波类型和带宽类型SSB功率配置如表3所示。

表2 常用广播权值覆盖模型

配置类型	水平波宽/°	垂直波宽/°	方位角/°	下倾角/°	波束配置方式	子波束水平角度/°	子波束垂直角度/°
水平七波束65°	65	6	0	0	水平7	[-29,-20,-10,0,10,20,29]	[0]
水平七波束45°	45	6	0	9	水平7	[-18,-12,-6,0,6,12,18]	[9]
垂直四层覆盖	65	30	0	6	2+2+1+2	[-12,12,-12,12,0,-12,12]	[-3,3,9,15]
两层覆盖	45	12	0	0	3+4	[-18,-6,6,18,-13,0,13]	[-3,3]
三层覆盖	45	18	0	0	2+2+3	[-13,0,13,-10,10,-10,10]	[-6,0,6]
垂直四层覆盖	65	30	0	6	2+2+1+2	[-12,12,-12,12,0,-12,12]	[-3,3,9,15]

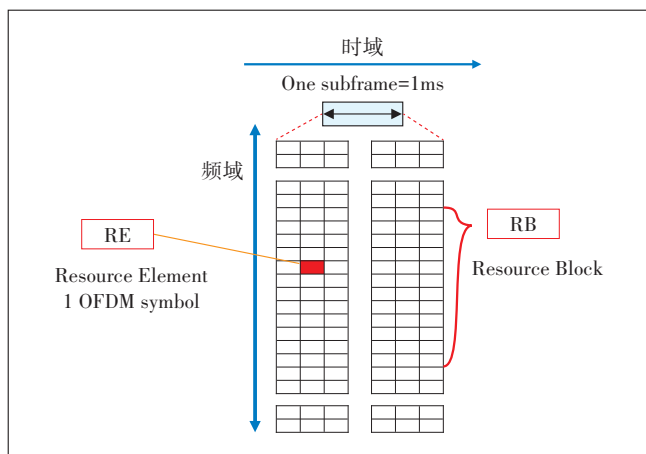


图4 5G网络的RB和RE划分

表3 SCS=30 kHz情况下SSB功率配置表

AAU功率/W	载波配置模型	带宽配置模型/MHz	SSB功率配置/dBm
320	S2	100	16.9
320	S2	80	17.9
320	S2	60	19.2
320	S1	100	19.9
320	S1	80	20.9
320	S1	60	22.2
200	S2	100	14.8
200	S2	80	15.9
200	S2	60	17.1
200	S1	100	17.8
200	S1	80	18.9
200	S1	60	20.1

3 SSB广播权值计算和规划方法

3.1 广播权值计算

3.1.1 权值四元组计算原则

水平波瓣宽度计算。参考目标覆盖场景建筑宽度占比进行计算:水平覆盖需求场景,底层子波束作为基础覆盖层,同层建议使用 65° 常规宽度;高层覆盖场景,根据高层建筑物的分布和高度来实际评估计算;整个覆盖目标区域内与最高建筑相差较小(如高度差值20%)的建筑占据整个目标区域宽度的比例来决定水平波瓣宽度,宽度占比越大则水平波瓣宽度规划越大。

垂直波瓣宽度计算。参考目标覆盖高度为计算原则:最高垂直覆盖需求,以区域内需要宏覆盖的最高建筑为参考;垂直波束层数规划,单层波束的垂直波瓣宽度规划以 7° 为参考,通过整体垂直所需的角度

除以7计算所需层数。

波束俯仰角。综合目标覆盖场景垂直波宽和高度来进行计算:首先确定各波束垂直覆盖范围,分别计算单层子波束所需的倾角,垂直方向的顶层和底层波束半功率角度的上沿和下沿分别对准建筑群体的顶层和底层,减少信号泄露对周边小区的干扰。

方位角按需计算。通过在线地图、谷歌地图确定覆盖方位,结合主覆盖方位和水平波瓣宽度,单独计算每个子波束需要的方位角。

3.1.2 权值数学计算方法

广播权值可以使用三角函数进行规划,通过计算来得到覆盖建筑群体所需的水平和垂直方向需要的半功率角度和俯仰角。

图5为覆盖模型示意图。令建筑物高度为 H_b ,建筑物覆盖下限为 H_l ,建筑物长度为 L_b ,天线高度为 H_a ,天线与建筑物的水平距离为 D ,天线垂直方向上所需半功率角度为 2α ,天线水平方向上所需半功率角 2β ,天线机械上倾角为 γ ,由三角函数可计算出 α 、 β 和 γ 。通过计算可以得到几类常规覆盖模型需要的水平和垂直方向需要的小区半功率角度和机械倾角信息,如表4所示。

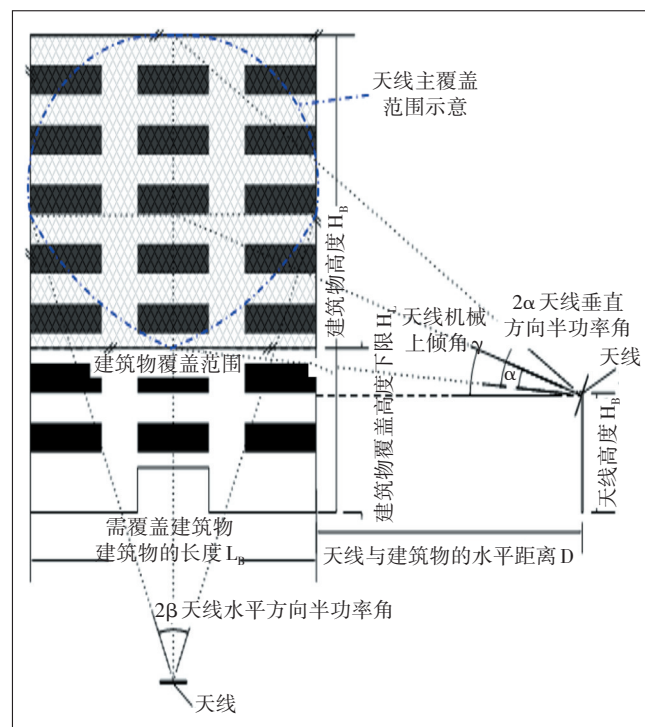


图5 覆盖模型示意图

3.2 广播权值规划方法

广播权值规划可以使用如图6所示的“五步法”,

表4 常用模型计算参数

建筑覆盖需要权值	模型1	模型2	模型3	模型3	模型4
	普通建筑	矮层宽体	中层窄体	中层宽体	超高层窄体
建筑物高度/m	30	30	50	50	100
建筑物覆盖下限/m	0	0	0	0	30
建筑物长度/m	30	80	30	60	30
天线高度/m	30	30	30	30	30
天线与建筑物的水平距离/m	100	100	100	100	100
天线垂直方向上所需半功率角/°	16.7	16.7	28	28	35
天线机械上倾角/°	-8.3	-8.3	-2.7	-2.7	17.5
天线水平方向上所需半功率角/°	17	43	17	33	16



图6 连片中高层覆盖示意图

通过站址信息搜集、场景识别、覆盖范围识别计算覆盖所需权值,自动匹配权值库或者新建权值库。

广播权值可以采用如表5所示的4种方式进行快速规划,其中快速权值规划方案是目前最便捷的方式,精细权值规划是目前最精准的方式,其依靠3D地图和权值规划工具来开展精细规划,实现上略为复杂。

3.3 分场景广播权值规划建议

表5 权值计算方式

名称	使用场景	权值方案	地图要求	复杂度
快速权值规划方案	全网快速方案规划,原则上继承替换之前4G参数	全网采用宏覆盖权值,即水平65°垂直6°,波瓣宽度固定,下倾角根据下倾方案进行配置	无	低
精细权值规划	局部区域精细化权值规划,在初始快速规划的基础上,采用自动规划工具进行天线权值规划	规划工具事先导入不同天线权值对应的模型,根据寻优目标,选择不同的广播波束方案;并可以对方向角、下倾角进行调整	3D地图	高
基于大数据工具的权值规划方案	全网权值初始规划,基于3D地图配置典型权值	在每个小区覆盖的射线方向,利用5m精度3D建筑信息判断一定距离范围内是否有建筑物遮挡,有的话则认为需要覆盖。根据站点覆盖范围内建筑特征,在候选权值集合中确定最优方案	3D地图	中
无3D地图的规划	使用2D权值进行初始规划	没有高层建筑物的场景,使用水平宏覆盖权值,通过规划工具优化选择合适的下倾角,目标为地面覆盖性能最优	2D地图	中

广播权值需要分场景来进行规划与分析,通过覆盖的目标场景界定识别权值库,以快速达成站点广播权值的规划与设计,默认的权值库可应用在常规宏覆盖、连片中高层覆盖和高层覆盖等场景。

常规宏覆盖,常用于普通道路、连片矮层覆盖场景,使用水平宽波束来进行规划和覆盖。

对于连片的中高层建筑群体,可以使用水平+垂直立体覆盖方式来进行规划和覆盖(见图6)。

对于超高层建筑,可以使用垂直覆盖方式来进行规划和覆盖(见图7)。

在5G网络规划建设初期,各典型场景的权值规划可参考表6所示的建议。

3.4 高层覆盖权值规划实例

以某公司7号楼为例,覆盖场景如图8所示。该

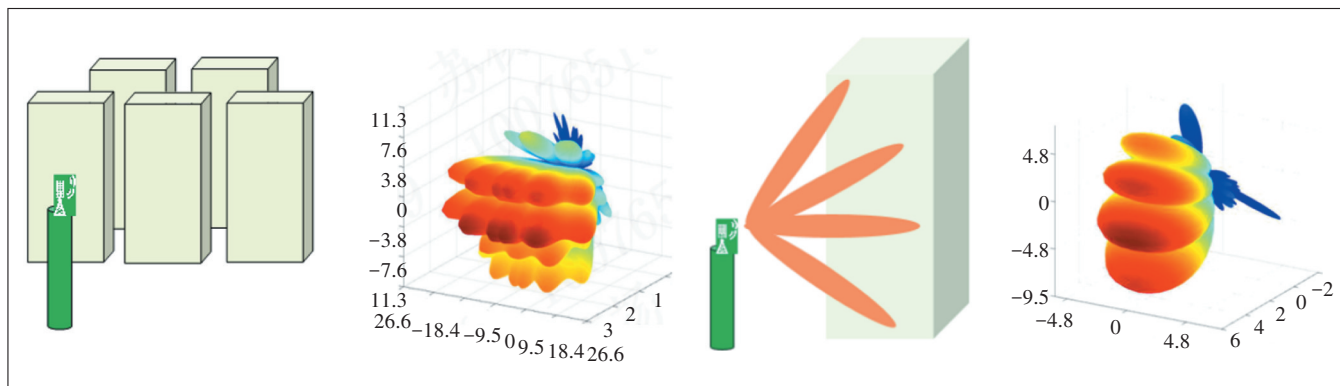


图7 超高层覆盖示意图

表6 覆盖模型建议

序号	场景	水平宽度/°	垂直宽度/°	方位角/°	下倾角/°	波束配置	各层天线增益/dB	各层水平波瓣宽度/°	合成方式
1	宏覆盖	65	7	4	6	8	24.9	65	水平合成
2	超高层区域	20	65	4/4/4/4	10/3/-1/-8	2+2+2+2	24.6/24.84/24/21.7	20+20+20+20	分层合成
3	连片高层建筑	65	28	9/11.5/0/0	10/3/-1/-8	4+2+1+1	21.5/19.5/16.9/14.6	65+65+65+65	分层合成
4		65	21	9/-10/-10	7/0/-5	4+2+2	21.74/19.2/17.55	65+65+65	分层合成
5	高低层混合建筑	65	28	0/0/0/0	10/3/-1/-8	5+1+1+1	21.6/20.6/19.7/17.4	65+30+30+30	分层合成
6		65	21	0/0/-5	7/0/-5	6+1+1	24.8/20.26/18.61	65+30+30	分层合成
7		65	14	0/0	3/-1	7+1	24.86/19.7	65+30	分层合成
8		65	14	0/0	3/-1	7+1	24.86/18.86	65+45	分层合成
9		65	21	0/0/0	7/0/-5	6+1+1	24.84/19.42/17.77	65+45+45	分层合成



图8 高层覆盖权值规划示例场景图

楼高约60 m,5G基站位于120 m外的铁塔总公司,该站点天线挂高约50 m,默认机械下倾角10°,覆盖方位角95°。站点开通时,默认使用水平7波束做宏覆盖。

由于该楼内无5G室分,铁塔公司5G基站做宏覆盖无法覆盖到该楼。对该小区进行SSB波束重新规划,按照四元组计算方法,设置三层波束来进行覆盖,由于是窄体楼宇,水平层面单波束即可覆盖,每层波束水平波宽25°,垂直波宽6°,通过垂直倾角相差6°来进行立体赋形。

在立体规划调整前,该楼内3层以上无法接收到5G信号。在立体规划赋形调整后,3层以上的楼层均能接收到5G信号,强度为-110~-90 dBm,整体覆盖有了很大提升。

4 总结

在5G网络中,大规模天线阵列的引入和广播波束的变化,使网络规划工作更加复杂、要求也更高,为保证良好的覆盖效果,必须做好SSB广播权值的规划,这需要借助精细化的3D地图和规划工具来进行。本文结合5G MM天线的新特性以及广播权值的规划原理,对SSB广播权值的计算、规划方法进行了探讨,并给出

了各典型场景的规划建议,同时结合实际案例对广播权值的规划调整方法和效果进行了验证。下一步,我们将继续聚焦5G SSB广播权值规划方法和规划效率的提升,助力5G精品网络的规划和建设。

参考文献:

- [1] 3GPP. 5G; NR; Physical layer procedures for control; 3GPP TS 38.213[S/OL]. [2021-08-16]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 3GPP. 5G; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception; 3GPP TS 38.104[S/OL]. [2021-08-16]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [3] 3GPP. 5G; NR; Physical channels and modulation; 3GPP TS 38.211[S/OL]. [2021-08-16]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [4] 3GPP. 5G; NR; Overall description; Stage-2; 3GPP TS 38.300[S/OL]. [2021-08-16]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [5] DAO M T, NGUYEN V A, IM Y T, et al. 3D polarized Channel modeling and performance comparison of MIMO antenna configurations with different polarizations[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2011, 59(7): 2672 - 2682.
- [6] LARSSON E G, EDFORS O, TUFVESSON F, et al. Massive MIMO for next generation wireless systems[J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 52(2): 186 - 195.
- [7] 高博, 张书铭, 杨旭. 3D-MIMO场景化天线权值优化研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2020, 33(2): 78-81.
- [8] 兰琨. 5G与4G协同组网策略研究[J]. 通信电源技术, 2019, 36(12): 166-167.
- [9] 邓安达, 王韬, 周双波, 等. 4G+及5G网络中双连接技术的应用[J]. 电信科学, 2018, 34(S1): 24-29.
- [10] 任驰. 4G与5G融合组网及互操作技术研究[J]. 移动通信, 2018, 42(1): 87-90, 96.
- [11] 张建国, 徐恩, 肖清华. 5G NR频率配置方法[J]. 移动通信, 2019, 43(2): 33-37.

作者简介:

杨新, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动网络规划建设工作; 邓巍, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动网络优化与网络大数据分析方面工作; 贺肖荣, 工程师, 硕士, 主要从事移动网络规划建设工作。