

2.1 GHz 重耕策略研究

Research on 2.1 GHz Frequency Refarming Strategy

韩纬禧¹, 叶 萧², 林铁力¹, 董 冰²(1. 中国联通广东分公司, 广东 广州 510627; 2. 中讯邮电咨询设计院有限公司广东分公司, 广东 广州 510627)

Han Weixi¹, Ye Xiao², Lin Tieli¹, Dong Bing²(1. China Unicom Guangdong Branch, Guangdong 510627, China; 2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Guangdong Branch, Guangzhou 510627, China)

摘 要:

通过外场测试对 2.1 GHz NR 在不同功率、不同通道数、动态频谱共享功能、超级上行功能等条件下的覆盖能力、吞吐率进行对比和分析, 阐述了 2.1 GHz 频率重耕至 5G 的优势和存在问题, 提出 2.1 GHz 频率重耕的策略、建议和现阶段需要重点解决的问题。该研究以实测为基础, 多维度阐述 2.1 GHz 频率的关键问题点, 并提出可落地的策略建议。

关键词:

2.1GHz; 动态频谱共享; 超级上行; 重耕
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.02.004
文章编号: 1007-3043(2021)02-0018-07
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:

Though test cases, the coverage capability and throughput of 2.1 GHz NR under different power, different channel number, dynamic spectrum sharing function and super uplink function are compared and analyzed. The advantages and problems of 2.1 GHz refarming to 5G are expounds, and the strategies and suggestions of 2.1 GHz frequency refarming and the key problems to be solved at this stage are put forward. The study is based on actual measurements, and explains the key issues of 2.1 GHz frequency in multiple dimensions, and puts forward the landing strategy suggestions.

Keywords:

2.1 GHz; Dynamic spectrum sharing; Super uplink; Refarming

引用格式: 韩纬禧, 叶萧, 林铁力, 等. 2.1 GHz 重耕策略研究[J]. 邮电设计技术, 2021(2): 18-24.

1 概述

2019 年, 中国联通与中国电信合建一张以 3.5 GHz NR 为主的 5G 接入网, 但由于频段原因, 存在上行覆盖不足、投资大的缺点。2020 年 5 月, 广电获取 700 MHz 的 5G 频谱, 并与中国移动合作计划共建一张 700 MHz 低频网。如何弥补 3.5 GHz 上行的短板, 和 700 MHz 低频网竞争是中国联通和中国电信急需解决的难题。在不考虑国家新增低频情况下, 根据中国联通、中国电信目前各频段带宽、部署规模和实施难度,

2.1 GHz 重耕至 5G 是必然之举。目前无线网频段分配情况如表 1 所示。

2020 年 7 月, 3GPP 宣布冻结 R16 标准版本, 为 2.1 GHz NR 提供了标准基础。华为、中兴、爱立信等主设备厂家已推出商用的 2.1 GHz NR 主设备, 华为、OPPO、VIVO 等主流终端厂家已全面支持 2.1 GHz NR。日趋成熟的 2.1 GHz 产业链为 2.1 GHz 重耕铺平了道路。

2 2.1 GHz 重耕关键技术点

2.1 GHz 相对 3.5 GHz 的覆盖优势是 2.1 GHz 重耕的关键驱动力。不同通道、不同功率、DSS、超级上行

收稿日期: 2020-12-16

表1 目前无线网频段分配情况

运营商	室内外可用						限室内使用
	低频(1 GHz以下)/MHz	中频(1~2.1 GHz)/MHz		高配(2.6~4.9 GHz)/MHz			
		1.8 GHz	1.9/2.1 GHz	2.6 GHz	3.5 GHz	4.9 GHz	
中国联通独有	2×11	2×30	2×25	-	100	-	20
中国电信独有	2×11	2×20	2×20	-	100	-	20
中国移动独有	2×15	2×25	45	160	-	100	50
广电独有	2×30	-	-	-	-	60	-
电联广共享	-	-	-	-	-	-	100
未分配	2×10(700 MHz)	-	2×15	-	-	40	-

功能等对2.1 GHz NR网络性能的影响是2.1 GHz频率重耕的关键技术点。

2.1 2.1 GHz NR覆盖能力

通过链路预算分析,2.1 GHz比3.5 GHz具有2.3 dB的上行损耗余量优势。2.1 GHz和3.5 GHz链路预算对比如表2所示。

表2 2.1 GHz和3.5 GHz链路预算对比

上行链路预算	N2100 4T4R 50 MHz	NR 3500 64TR
UE发射功率	23	26
RB资源块	28.5	48
每RB发射功率	8.5	9.2
RB带宽	180	360
基站噪声系数	2	3.5
热噪声	-119.4	-114.9
上行可达比特率	1 000	1 001
SINR	-8	-20
RBS Sensitivity	-127.4	-134.9
基站天线增益	17	9.5
波束赋型增益	0	15
UE天线增益	0	0
固定损耗	20	23
LNF余量	3	3
上行干扰余量	3	3
小区边缘信号衰减	129.9	138.1
最大路损	126.9	124.6

2.1.1 3.5 GHz和2.1 GHz的对比

通过对比2.1 GHz和3.5 GHz在现网环境下的覆盖、吞吐率,为后续2.1 GHz建网策略提供依据。

2.1 GHz和3.5 GHz对比的测试配置如表3所示。测试结果如表4所示。

当3.5 GHz NR覆盖低于-100 dBm时,4TR的2.1 GHz上行速率逐渐优于3.5 GHz,当3.5 GHz覆盖低于-110 dBm时,2TR的2.1 GHz上行速率逐渐优于3.5 GHz。

当3.5 GHz NR上行脱网时,2TR的2.1 GHz NR仍

表3 2.1 GHz和3.5 GHz测试配置

属性	NR TDD 3.5 GHz	升级 2.1 GHz (2TR)	新建 2.1 GHz (4TR)
带宽/M	100	20	20
基站天线	64T64R	2T2R	4T4R
通道功率/W	200	2×40	4×40
终端天线	2T4R	1T4R	1T4R
终端发射功率/dBm	26	23	23

表4 2.1 GHz和3.5 GHz测试结果

RSRP 区间	3.5 GHz NR		2.1 GHz (2TR)		2.1 GHz (4TR)	
	下行速率/(Mbit/s)	上行速率/(Mbit/s)	RSRP 均值	上行速率/(Mbit/s)	RSRP 均值	上行速率/(Mbit/s)
[-65,-70]	673	229	-84	66	-88	64
[-70,-75]	568	185	-84	62	-87	62
[-75,-80]	532	177	-87	56	-88	62
[-80,-85]	474	143	-91	43	-92	53
[-85,-90]	443	104	-93	38	-92	49
[-90,-95]	415	72	-96	31	-95	44
[-95,-100]	316	39	-103	15	-99	34
[-100,-105]	215	19	-104	14	-100	35
[-105,-110]	182	15	-107	10	-105	25
[-110,-115]	121	4	-111	6	-106	18
[-115,-120]	104	1	-107	8	-102	20
[-120,-125]	13	0	-112	3	-105	18

保持3 Mbit/s的上行速率,4TR的2.1 GHz NR保持18 Mbit/s的上行速率。

2.1.2 2TR和4TR的对比

虽然前期部署的2.1 GHz LTE FDD设备具备向NR2.1升级条件,但前期部署的L2100主要是2TR设备,通过该项测试,论证在同等功率条件下,2TR与4TR在信号覆盖强度、吞吐率方面的差异,为判断现网L2100升级到NR2100是否可行提供依据。

2.1 GHz 2TR和4TR对比测试配置如表5所示。测试结果如表6所示。

表5 2.1 GHz 2TR和4TR对比测试配置

属性	2.1 GHz 对比组1		2.1 GHz 对比组2	
	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
基站天线	2T2R	4T4R	2T2R	4T4R
通道功率/W	2×20	4×20	2×40	4×40
终端天线	1T4R	1T4R	1T4R	1T4R
终端发射功率/dBm	23	23	23	23

从测试结果可以看出,2TR和4TR差异主要体现在覆盖边缘,在边缘4TR信号覆盖强度比2TR强5~8 dB,下行边缘可提升30%以上,上行边缘吞吐率翻倍,并且随着覆盖衰减,差异越明显。但是L2100 2TRS111站型升级到NR2100的主设备价格为3.1万,而新建4TRS111的价格为8万,从投资成本、边缘覆盖用户占比、2.1 GHz打底与3.5 GHz共站部署等维度考

表6 2.1 GHz 2TR和4TR对比测试结果

RSRP 区间	RSRP 提升/dB		下行吞吐率/(Mbit/s)				上行吞吐率/(Mbit/s)			
	4×20-2×20	4×40-2×40	2×20 W	4×20 W	2×40 W	4×40 W	2×20 W	4×20 W	2×40 W	4×40 W
平均	4.7	7.5	107	136	114	143	29	43	30	45
[-80,-85)	2.3	7.8	177	179	172	188	67	70	60	70
[-85,-90)	3.2	7.7	164	176	159	185	55	63	52	61
[-90,-95)	5.5	8.1	140	159	141	164	40	54	39	51
[-95,-100)	5.9	7.7	109	143	119	147	21	43	27	41
[-100,-105)	5.4	6.5	84	116	95	122	13	36	18	38
[-105,-110)	4.8	7.3	62	87	76	98	5	25	9	23
[-110,-115)	5.3	6.3	39	65	55	76	2	18	5	19
[-115,-120)	8.8	6.5	25	62	43	73	1	13	3	14
[-120,-125)	8.8	7.6	12	24	24	33	0	6	1	6

虑,建议对已部署L2100的站点,优先采用升级方式开通NR。

2.1.3 功率谱密度对比

由于厂家2.1 GHz设备设计及供货能力问题,目前华为、中兴可提供每通道80 W设备,爱立信可提供每通道60 W的设备,该项测试主要论证1 W每MHz每通道和2 W每MHz每通道在覆盖和吞吐率方面的性能,从而给出设备选型建议。

1 W每MHz每通道和2 W每MHz每通道测试配置如表7所示。测试结果如表8所示。

相对1 W每MHz每通道,2 W每MHz每通道的覆盖强度平均提升2~5 dB,特别是边缘的上、下行速率

表7 1 W每MHz每通道和2 W每MHz每通道测试配置

属性	2.1 GHz 对比组1		2.1 GHz 对比组2	
	20	20	20	20
带宽/M	20	20	20	20
基站天线	2T2R	2T2R	4T4R	4T4R
通道功率/W	2×20	2×40	4×20	4×40
终端天线	1T4R	1T4R	1T4R	1T4R
终端发射功率/dBm	23	23	23	23

提升明显,因此在设备选型上,建议优先采用4×80 W的设备。

2.2 动态频谱共享(DSS)

2.1 GHz目前还承担着4G的容量层角色,无法将整段频率用于5G,动态频谱共享为4G向5G的平滑过

表8 1 W每MHz每通道和2 W每MHz每通道测试结果

RSRP 区间	RSRP 提升/dB		下行速率提升/%		上行速率提升/%	
	2×40 W-2×20 W	4×40 W-4×20 W	40 W比20 W(2TR)	40 W比20 W(4TR)	40 W比20 W(2TR)	40 W比20 W(4TR)
(2TR)						
平均	2	5	6	5	2	4
[-75,-85)	0	6	-2	5	-11	-1
[-85,-95)	1	5	-3	5	-5	-3
[-95,-100)	2	4	9	3	24	-5
[-100,-105)	3	4	14	5	39	5
[-105,-110)	3	6	22	13	62	-7
[-110,-115)	4	5	39	17	152	3
[-115,-120)	6	4	74	17	350	7

渡提供可能性,是推进2.1 GHz重耕落地的重要因素。在5G发展初期,2.1 GHz DSS载波以满足4G业务需求为主,中后期随着5G用户占比的提升,平滑过渡至2.1 GHz NR。但是DSS小区内、小区间、跨厂家之间的干扰问题,需要各厂家重点去解决。

2.2.1 实现原理

DSS主要通过Rate matching技术实现LTE和NR根据业务需求在同一段频谱上进行时频资源的动态共享。根据3GPP TS 38.104标准的要求,在时域维度上达到每1ms进行一次频谱资源的协调调度,从频域维度支持以1RB为粒度的动态共享,根据LTE侧和NR侧的业务量需求进行动态资源分配。动态频谱共享实现原理如图1所示。

2.2.2 干扰分析

动态频谱共享的干扰类型主要有小区内干扰、小区间干扰和厂家边界干扰3种。对于小区内干扰,由于LTE和NR共享同一段频谱资源,在共享过程中产生相互干扰,可通过打孔进行避让,规避同一小区LTE CRS对于NR的影响,但是会带来容量性能方面的损失。对于厂家边界之间干扰,由于动态频谱共享功能已纳入3GPP协议,因此主要是通过控制好切换关系来解决。除此之外,DSS小区的NR性能主要受邻区

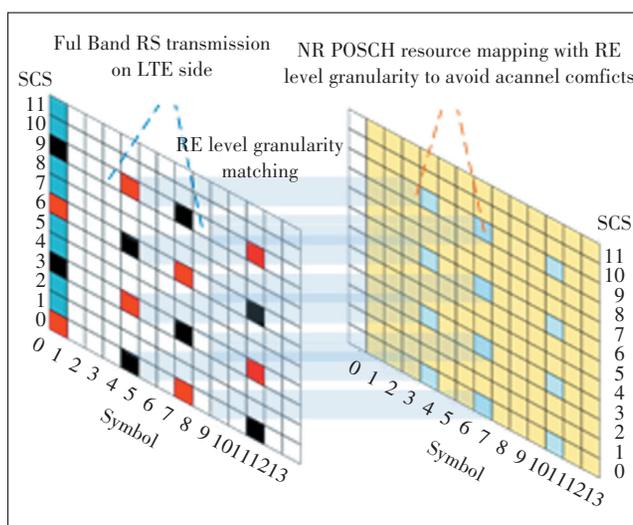


图1 动态频谱共享实现原理

影响,邻区的CRS由于LTE的MOD3不对齐,仍会干扰DSS小区。干扰分析如图2所示。

2.2.3 实测情况

开通DSS, NR侧的下行性能损失较大,仅为纯NR载波效能的35%。NR侧的上行和LTE的上下行影响较小,性能保持率接近95%。DSS测试结果如表9所示。

2.2.4 实施建议

小区的干扰主要来源邻区,目前解决方案主要有

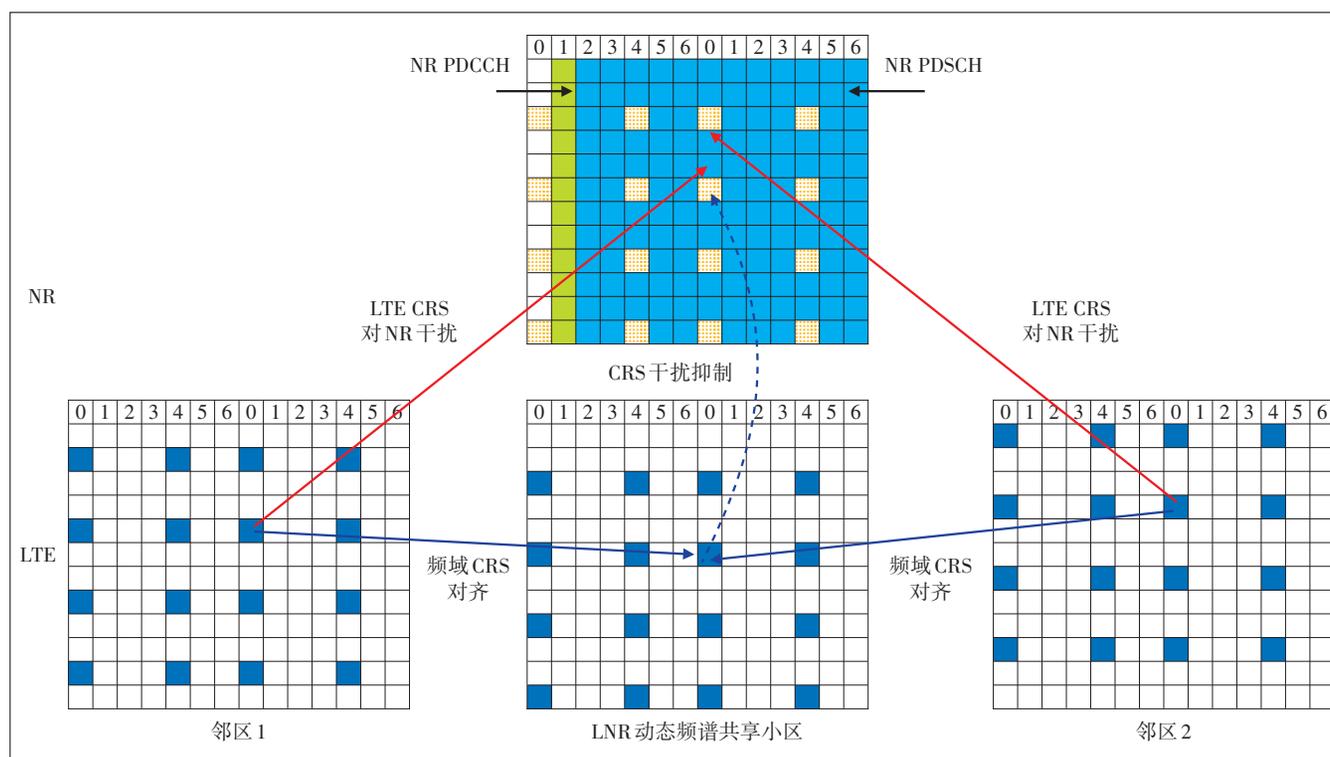


图2 干扰分析

表9 DSS测试结果

属性	DSS LTE-20M	DSS-NR-20M	LTE only 20M	NR only 20M	DSS LTE效能/%	DSS NR效能/%
下行平均吞吐率/(Mbit/s)	107	64	113	180	95	35
上行平均吞吐率/(Mbit/s)	51	63	54	70	94	90

2种。

2.2.4.1 TM9专属载波

TM9专属载波可以配置MBSFN子帧,降低服务小区CRS导频的开销,同时也降低CRS对邻区产生的干扰,提升TM9用户在FDD NR的使用效率。TM9专属载波实现机制如图3所示。

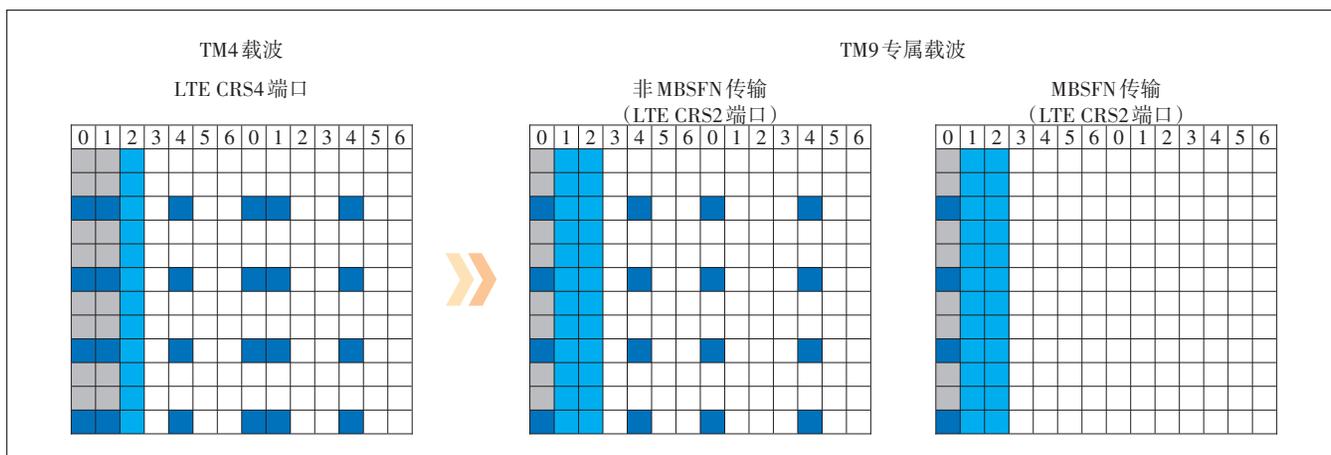


图3 TM9专属载波实现机制

4G用户影响较大。因此这2种解决方案在实际应用中还需谨慎,仍需推动主设备厂家持续优化该功能。

2.3 超级上行

3.5 GHz NR网络的短板在上行,随着2B业务的发展,业务对上行吞吐率的要求越来越高,超级上行功能有效提升上行吞吐率,并适当解决3.5 GHz上行覆盖差带来的下行性能问题。

2.3.1 实现原理

超级上行是基于SUL的时分复用协议栈实现。下行链路承载在C-Band载波,上行链路承载在C-Band载波和Sub-3G载波上。3GPP TS 38.214规范为基站和终端引入灵活的调度机制,保证Sub-3G载波仅在C-Band处于下行时隙或特殊时隙时传输上行数据,从而提升用户上行体验速率。超级上行实现机制如图4所示。

2.3.2 实测情况

2.2.4.2 MOD3对齐策略

MOD3对齐使得本小区的LTE CRS位置与邻站LTE CRS的时频位置对齐,DSS NR小区通过CRS Rate matching避免共覆盖的DSS LTE小区的CRS影响,同时也避免了邻站LTE小区CRS的影响。

2.2.4.3 实施建议

虽然从理论上可通过TM9专属载波和MOD3对齐策略调整来解决干扰问题,但是目前在实际操作中没有可行性,TM9专属载波需要单独一段频率用于DSS,且只有最新的终端支持该功能,约90%的LTE存量用户无法接入,对2.1 GHz频率使用效率不高,对LTE用户影响较大。MOD3对齐需要对现网LTE站点的PCI重新规划调整,会加大对LTE现网的干扰,对

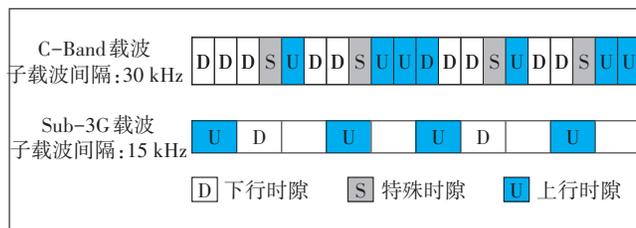


图4 超级上行实现机制

实测开通超级上行功能,上行峰值速率达到402 Mbit/s,较单独的3.5 GHz NR载波上行峰值速率提升44%。超级上行测试结果如图5所示。

3 2.1 GHz 重耕策略建议

3.1 部署策略

根据上述测试情况,对于2.1 GHz重耕部署策略建议如下。

- a) 室外部署。以2.1 GHz NR连续打底为目标,提

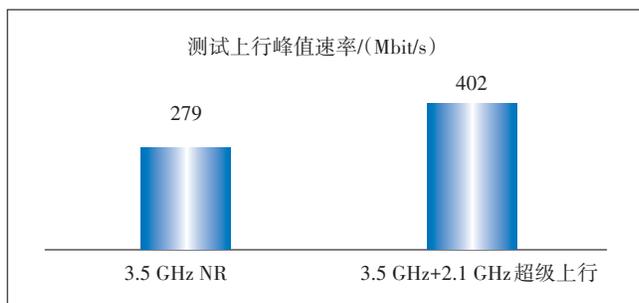


图5 超级上行测试结果

升5G网的深度覆盖和上行覆盖。

b) 结合终端与网络演进路标,同时考虑部分厂家不支持2.1GHz自锚点功能,要求2.1GHz NR以SA方式进行开通,不考虑过渡NSA版本。

c) 设备支持升级的L2100 2TR站点,建议先通过升级方式开通NR,无L2100的新建站点建议直接开通2.1 NR 4TR站点。

d) 实施节奏。室外2.1 GHz NR升级站点优先选取与3.5 GHz NR共址的站点,提升上行覆盖和快速满足业务支撑需求;室外新建2.1 GHz NR站点时,优先选择3.5 GHz NR未覆盖的外围区域,拓展5G网覆盖广度。

e) 室内部署。优先选取流量较低的室分场景,避免同一个场景建设3.5 GHz和2.1 GHz 2套系统,造成资源浪费。

f) 现网2.1 GHz非标准的S1、S11 2TR等站型。可先考虑升级,并补充4TR扇区成标准站型。可允许升级和新建插花部署,但建议连片部署。

g) 前期现网升级站点。优先选取IBW为55M带宽的站点。因业务需求开通的40M带宽站点,电联全面放开2.1 GHz频率共享后,再替换为支持55M带宽的设备。

h) 现网的1T2R设备。不建议进行升级,采用替换方式开通3G/4G/5G。

i) 未有L2100覆盖站点。可根据4G容量需求(优先考虑必扩等级的扩容需求)和投资能力优先利用现网板卡资源,考虑同步反向开通2.1 GHz LTE。

3.2 功率设置

综合考虑设备功率、需开通的网络制式情况,建议2.1 GHz NR的基础单通道功率谱密度为1 W/MHz,条件允许时,开至2 W/MHz。针对4×60 W和4×80 W,功率配置建议如表10所示,其他1 800~2 100 MHz的宽频设备可参考该建议进行配置。

表10 功率配置建议

设备类型	阶段	制式	带宽/MHz	通道1	通道2	通道3	通道4	总功率	单通道功率谱密度(W/MHz)
2.1 GHz单频设备-4×80 W	20M软件	LNR2100	20	40	40	40	40	160	2
		NR2100	10	20	20	20	20	80	2
		U2100	5	20				20	4
	大带宽版本	LNR2100	50	60	60	60	60	240	1.2
		U2100	5	20				20	4
2.1 GHz单频设备-4×60 W	20M软件	LNR2100	20	20	20	20	20	80	1
		NR2100	10	20	20	20	20	80	2
		U2100	5	20				20	4
	大带宽版本	LNR2100	50	50	50	50	50	200	1
		U2100	5	10				10	2

3.3 频率设置

综合考虑获取未分配频率和电联共享节奏,对2.1 GHz频率在近、中、远期各制式的使用建议如下。

近期:基于目前自有25 MHz频率,预留5 MHz频率给中国联通WCDMA,剩下20 MHz供4G/5G DSS载波使用。

中期:DSS大带宽载波成熟,电联的2.1 GHz还未完全放开共享。如果未获取未授权的10 MHz资源,预留5 MHz频率给中国联通WCDMA,剩下20 MHz供

4G/5G DSS载波使用。如果获取未授权的10 MHz资源,开通30 MHz的4G/5G DSS载波。

远期:DSS大带宽载波成熟,电联全面放开频率共享,如果未获取未授权的10 MHz资源,预留5 MHz频率给中国联通WCDMA并迁移至频率末端,剩下40 MHz供4G/5G DSS载波使用。如果获取未授权的10 MHz资源,预留5 MHz频率给中国联通WCDMA并迁移至频率末端,剩下50 MHz供4G/5G DSS载波使用。2.1 GHz频率使用建议如表11所示。

表 11 2.1 GHz 频率使用建议

2.1 GHz 频率 频率区间/ MHz	现状 归属	近期	中期		远期		
		普通带宽	阶段 1	阶段 2	阶段 1	阶段 2	
			未获取 10 MHz	获取 10 MHz	未获取 10 MHz	获取 10 MHz	
2 110~2 115	中国电信	中国电信 4G/5G DSS(20 MHz)	中国电信 4G/5G DSS(20 MHz)	中国电信 4/5G DSS(20 MHz)	电联 4G/5G DSS(40 MHz)	电联 4G/5G DSS (50 MHz)	
2 115~2 120							
2 120~2 125							
2 125~2 130							
2 130~2 135	中国联通	WCDMA	WCDMA	WCDMA	中国联通 4G/5G DSS(30 MHz)	中国联通 4G/5G DSS (50 MHz)	
2 135~2 140		中国联通 4G/5G DSS(20 MHz)	中国联通 4G/5G DSS(20 MHz)	中国联通 4G/5G DSS(30 MHz)			WCDMA
2 140~2 145							
2 145~2 150							
2 150~2 155							
2 155~2 160	未授权	-	-	-	-	-	
2 160~2 165		-	-	-	WCDMA		

4 需重点关注问题

4.1 SS 功能不成熟问题

a) S 状态下的 NR 侧网络能力仅为同等带宽 NR 的 35%, 需推动厂家优化算法, 提升性能。

b) 异厂家对 DSS 的功能实现算法存在差异, 容易增加邻区干扰而降低 DSS 载波的性能, 需推动各厂家优化算法, 减少异厂家区域的干扰。

c) MOD3 方式和 TM9 专属载波可提升 DSS 网络性能, 但 MOD3 对齐需要对全网站点调整时频同步, 整改工作量大。TM9 专属载波只允许 TM9 终端接入, 目前现网支持 TM9 终端占比不到 10%。需推动厂家改进优化方法, 提升 DSS 载波性能。

4.2 2.1 GHz 升级站点实施问题

在 2.1 GHz 升级过程中, 需重点关注的一点是, 如果现网升级的 2.1 GHz 站点存在 4G 和 5G 的 BBU 不在同一机房, 建议进行 BBU 迁移整改。2.1 GHz 频率升级中 4G/5G 不共 BBU 场景下实施建议如表 12 所示。

5 结束语

2.1 GHz 重耕是电联 5G 发展前行必不可少的手段, 产业链和供应链都已逐步成熟, 本文结合理论和

表 12 2.1 GHz 频率升级中 4G/5G 不共 BBU 场景下实施建议

策略	措施	优点	缺点
方案 1 (推荐)	①4G 基带板迁移至 5G BBU 框 ②4G RRU 接到 5G 侧 BBU	开通超级上行和 CA	断站时间长且新增纤芯资源
方案 2	4G BBU 侧增加 2.1 GHz NR 和主控板	施工简单且断站时间短	不能超级上行和 CA

实测数据, 分析关键技术要点, 输出可落地的策略建议。2.1 GHz 重耕仍存在较多的问题, 需运营商、设备厂家、终端厂家等共同推进解决, 融合各方力量, 推进 5G 新基建的发展。

参考文献:

- [1] 欧阳晖. NR FDD 2.1GHz 技术的研究和初步应用[J]. 移动通信, 2019, 43(12):10-15.
- [2] 万蕾, 郭志恒. LTE/NR 频谱共享——5G 标准之上下行解耦[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [3] 徐俊, 袁弋非. 5G-NR 信道编码[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2018.
- [4] ERIK DAHLMAN, STEFAN PARKVAL, JOHAN SKOELD. 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [5] 曹广山, 马丹, 李凤花, 等. 2.1 和 3.5 GHz 频段在 5G 网络中的应用建议[J]. 邮电设计技术, 2020(6):6-10.
- [6] 孙震强, 许森, 魏焱. 基于 TDD/FDD 协同的 5G 上行增强方案分析[J]. 移动通信, 2019, 43(9):2-6.
- [7] 程日涛, 张海涛, 王乐. 5G 无线网部署策略[J]. 电信科学, 2018 (S1):1-8.
- [8] NR; Base Station (BS) radio transmission and reception; 3GPP TS 38.104[S/OL]. [2020-04-08]. https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/38_series.

作者简介:

韩纬禧, 毕业于北京邮电大学, 硕士, 主要从事移动网络规划、建设项目管理工作; 叶萧, 毕业于西安邮电大学, 学士, 主要从事移动网络规划、设计工作; 林铁力, 毕业于南京陆军指挥学院, 学士, 主要从事移动网络建设项目管理工作; 董冰, 毕业于北京邮电大学, 硕士, 主要从事移动网络规划、设计工作。