

# 4G 网络共建共享解决方案研究

## Research on 4G Network Co-construction and Sharing Solutions

青春,王兴光,胡雅静,王 珏(北京电信规划设计院有限公司,北京 100048)

Qing Chun,Wang Xingguang,Hu Yajing,Wang Jue(Beijing Telecom Planning & Designing Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China)

### 摘要:

为打造覆盖广、网速快、感知好、效能高的4G移动精品网,以运营商5G共建共享为契机,在4G现网质量不下降的前提下,进一步在不同场景、不同频段上开展4G共建共享。对共享载波和独立载波的数据业务和语音业务承载进行了分析,评估了4G开通共享功能后基站的KPI指标,分析了终端接入性问题,探索了各频段共享的可行性和技术方案,发现多数场景下覆盖明显提升、干扰达标,但存在800/900 MHz共享载波终端支持率较低、2.1 GHz 20 MHz DSS存在性能损失、15和20 MHz带宽插花干扰等问题,针对这些问题给出了解决方案。

### Abstract:

In order to build a 4G mobile boutique network with wide coverage, fast speed, good perception, and high efficiency, it takes 5G co-construction and sharing of operators as an opportunity to further carry out 4G co-construction and sharing in different scenarios and frequency bands on the premise that the quality of existing 4G network does not decline. we will further develop 4G co-construction and sharing in different scenarios and different frequency bands. It analyzes the data service and voice service of shared carrier and independent carrier, evaluates the KPI index of base station after 4G sharing function is enabled, analyzes the terminal access problem, and explores the feasibility and technical scheme of each band sharing. It is found that the coverage is significantly improved and the interference is up to the standard in most scenarios, but there are some problems, such as low support rate of 800 / 900 MHz shared carrier terminal, performance loss of 2.1 GHz 20 MHz DSS, 15 and 20 MHz bandwidth flower arrangement interference, etc, and the solutions to these problems are given.

### Keywords:

4G; Co-construction and sharing; Terminal; Hybrid networking; Network frequency band

引用格式:青春,王兴光,胡雅静,等. 4G网络共建共享解决方案研究[J]. 邮电设计技术,2022(3):36-41.

### 关键词:

4G; 共建共享; 终端; 混合组网; 网络频段

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.03.007

文章编号:1007-3043(2022)03-0036-06

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):



## 1 概述

随着5G在中国规模商用的推进和5G新基建的提出,伴随着4G网络业务迁转至5G网络,4G网络的需求将会逐年减少,运营商之间的4G网络合并将成为一种趋势<sup>[1]</sup>。在今后一段时间内,尤其在广覆盖上,仍有4G网络的需求。低成本完善4G网络覆盖、降低网络整体TCO,使运营商网络覆盖互补,从而进一步提

升网络竞争力成为新一阶段的网络演进方式<sup>[2]</sup>。在不影响现网质量的前提下,以节省建设投资、降低运营成本、提升网络竞争力为目标,在低话务区域共建共享(包括低频网络共享、深度覆盖在内的存量室分开放共享、区域网络合并),逐步形成一张4G打底网<sup>[3]</sup>,达到TCO最优、提升资源效率、快速改善网络感知、降低运营成本的目的。

## 2 4G网络共享场景及共享方式

4G网络共享场景包括室外低话务区域、室内分布

收稿日期:2022-01-18

场景、其他互补场景等,本章探索不同场景条件下存量共享、区域并网和覆盖共建的方案<sup>[4]</sup>。存量共享是指一方有覆盖的区域,向另一方开放存量资源。区域并网则是在同一区域双方均有覆盖的区域,保留一张4G网络,归并双方物理站址。而在双方均无覆盖的区域,双方按一定比例进行共建。在市区、县城、农村、道路场景根据基站覆盖范围采用不同的共享方式开展合作<sup>[5]</sup>。共享频段包括800、900、1 800和2 100 MHz

所有4G频谱资源。探索从设备层面、频率层面、室内分布、天馈系统、天面配套、机房、其他配套等多种共享方式<sup>[6]</sup>。选取覆盖好、租费低的一方为开放方,尽量达到站址归并后减少一方的铁塔需求。对于平台资源紧张的站点,采用天线整合方式腾退优质天面资源建设5G。

图1给出了中国联通和中国电信频谱资源。

所有场景视业务量情况均可开通1 800/2 100 MHz

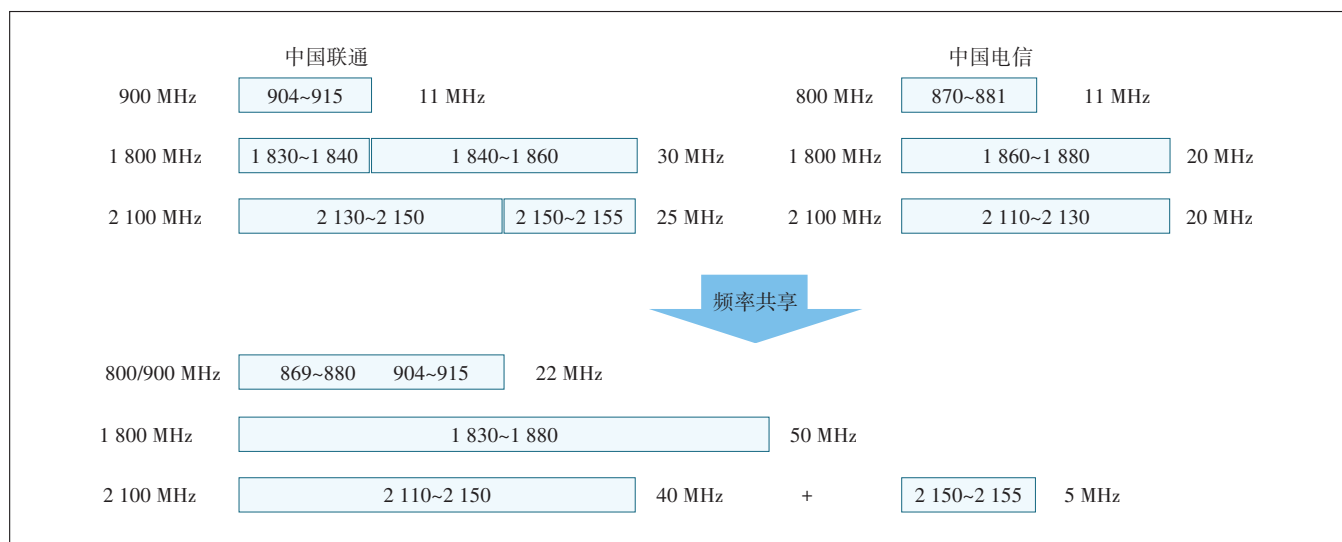


图1 中国联通和中国电信频谱资源

共享,优先开通共享载波,如容量不足,可以开通独立载波。共享区域可充分利用双方频率资源,对1 800 MHz频段,可协商共享1 830~1 880 MHz共计50 MHz频率,可开通1.8 GHz频段的带内20 MHz+20 MHz载波。对2 100 MHz频段,可协商共享使用2 110~2 165 MHz频段共计55 MHz频率,中国联通可在保留WCDMA单载波的基础上<sup>[7]</sup>,开通2.1 GHz带内20 MHz+20 MHz载波。

### 3 4G网络共享分析

本章对基站设备能力、双方低频系统(800/900 MHz系统)共享方案、室分系统、1800网络15/20 MHz插花方案进行验证,对区域共享方案,语音、数据业务能力,终端支持能力,共享实施方案对网络性能和业务体验的影响展开深入研究,对共享使用条件、共享后的效果进行评估。

#### 3.1 基站设备能力分析

4G现网设备中华为、诺基亚和中兴的主设备均支持800/900/1 800/2 100 MHz开通共享功能。接入测试

指标如表1所示。

表1 接入测试指标

指标	运营商	测试结果
Attach成功率/%	中国联通	100
	中国电信	100
Attach平均时间/s	中国联通	0.21
	中国电信	0.23

在中国联通1 800 MHz设备上给中国电信开通1 860~1 875 MHz频段小区共享,会在连续覆盖场景与1 860~1 880 MHz频段小区在边缘造成干扰。通过对共享1 800 MHz区域开通15 MHz独立载波进行DT拉网切换测试,发现占用中国电信小区的覆盖率较差,通过对log分析发现,相邻的中国电信基站未配置异频邻区,从而导致切换不及时,造成RSRP指标差<sup>[8]</sup>。中国联通共享站开启时,在问题点位置占用频点为1 850 MHz的基站,且该位置邻区列表无共享站点,而在该位置共享站点频点为1 823 MHz,RSRP值高于频点为1 850 MHz的基站,由于中电信异频切换参数问题

导致在该位置未发生切换,出现质差现象。

### 3.2 低频网络频谱共享选择

中国联通中国电信双方各有 11 MHz 低频优质频段作为覆盖打底层,其中中国电信为 869~880 MHz(下行),主要用于 C800+L800 业务承载<sup>[9]</sup>,中国联通为 904~915 MHz(下行),主要用于 G/U900+L900 业务承载。目前 L800 共享主要以 5 MHz 带宽为主,中国电信完成频率深耕并开通动态频谱共享功能后,可以开通 5~10 MHz 的共享。L900 视具体场景可以开通 5~10 MHz 的共享。

选取了某 FDD 基站进行实验。5 MHz 和 10 MHz 带宽配置下(其他配置相同),选取好点进行 CQT 上传、下载测试,结果如表 2 所示,从表 2 可看出:10 MHz 带宽的上传下载速率(均值和峰值)均高于 5 MHz 带宽。

表 2 L900 5 MHz 和 10 MHz 速率对比

指标		带宽	
		5 MHz	10 MHz
上传速率	均值/(Mbit/s)	13.38	17.05
	峰值/(Mbit/s)	14.07	18.31
下载速率	均值/(Mbit/s)	32.04	50.52
	峰值/(Mbit/s)	33.64	55.66

从基站出发向外测试至小区边缘,分别进行上传和下载。5 MHz 和 10 MHz 下行覆盖对比如图 2 所示,从图 2 可以看出,5 MHz 带宽情况下,RSRP>-100 dBm

的覆盖距离为 6.56 km,10 MHz 为 3.41 km;5 MHz 带宽情况下,RSRP>-110 dBm 的覆盖距离为 8.33 km,10 MHz 为 5.97 km。从覆盖分布角度看 5 MHz 带宽明显好于 10 MHz 带宽。

5 MHz 和 10 MHz 下载速率分布图对比如图 3 所示,从图 3 可以看出,距离基站 3.3 km 以内时,10 MHz 带宽的下载速率明显好于 5 MHz。距离基站 3.3 km 以外时,由于 10 MHz 覆盖弱于 5 MHz 带宽,10 MHz 带宽优势无法体现,双方速率相当。小区边缘 5 MHz 带宽由于覆盖优势,下载速率明显高于 10 MHz 带宽。

### 3.3 动态频谱共享技术应用

5G 初期部署时,NR 终端较少,致使频谱资源浪费,同时使得原有 4G 网络负荷加重。现网 2.1 GHz 频段已经承载了部分 LTE 用户,如果 5G 初期将 2.1 GHz LTE 完全演进到 NR,则 4G 容量缩小,对 4G 用户体验造成影响,5G 初期用户少,全 NR 化时,2.1 GHz 频段利用率低下。因此可以采用动态频谱共享(DSS)过渡(见图 4),在 LTE 有余量的情况下,动态引入 NR, NR 与 LTE 频谱比例随用户接入动态调整, DSS 满足初期 5G 用户的接入,同时保证现网 4G 用户的体验,有效提升频谱使用效率。

4G/5G 2.1 GHz 动态频谱共享功能在站间距 500 m 情况下容量对比(假设终端为 4R)如表 3 所示,从表 3 可以看出,20 MHz DSS 对 LTE 和 NR 系统引入更多开销,对上下行流量和速率都有影响。

### 3.4 终端对共享网络的支持度

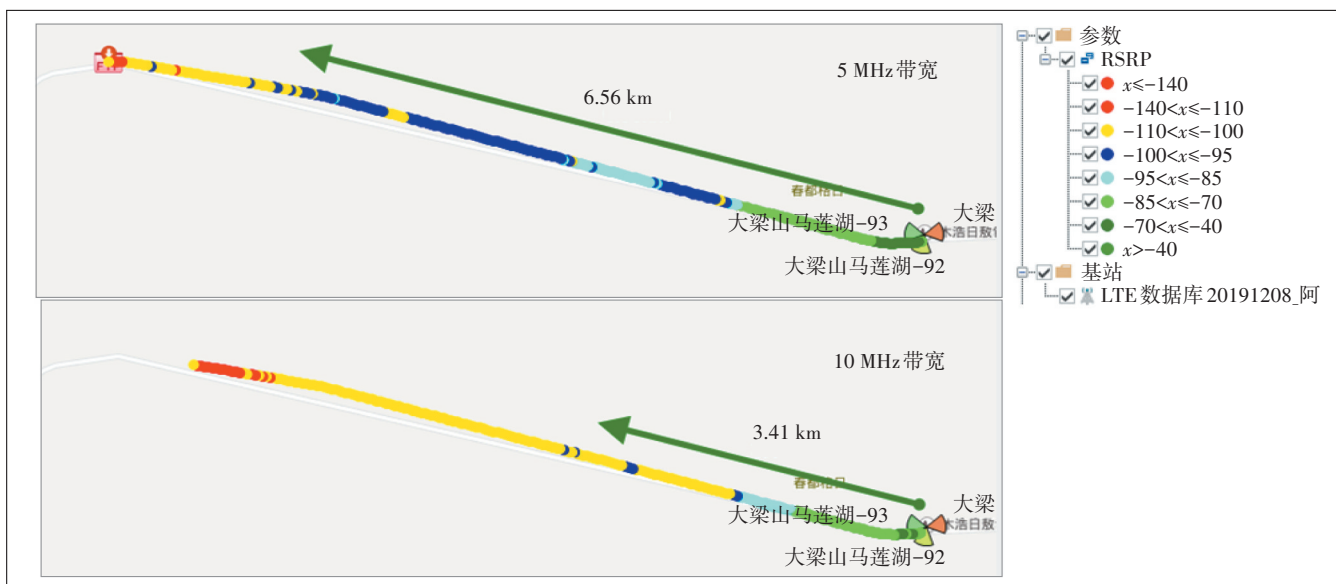


图 2 L900 5 MHz 和 10 MHz RSRP 测试

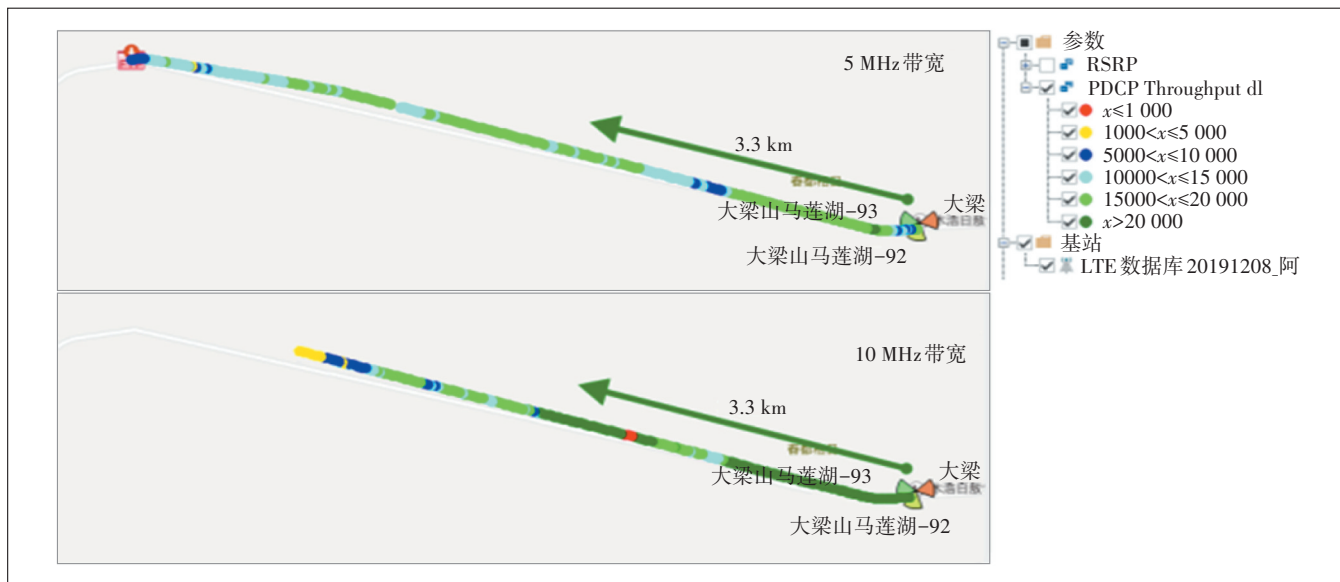


图3 L900 5 MHz&10 MHz 下行速率测试

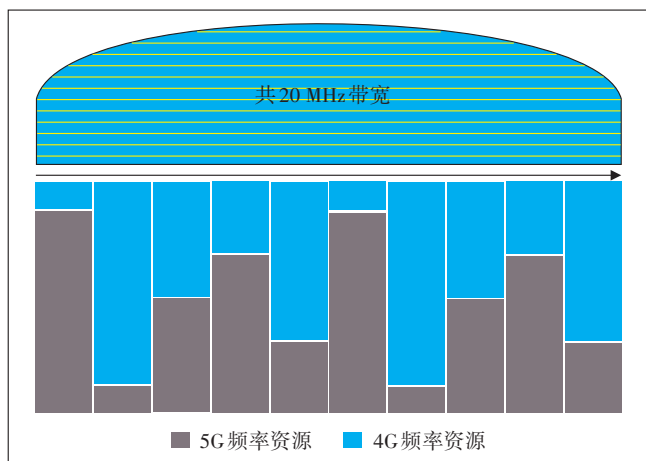


图4 PRB/TTI级动态频谱共享(DSS)

表3 20 MHz带宽动态频谱共享速率对比

系统	速率	1T	2T	4T
NR	理论峰值/(Mbit/s)	112	224	448
	均值/(Mbit/s)	36	54	68
LTE	理论峰值/(Mbit/s)	98	196	390
	均值/(Mbit/s)	32	48	53
DSS(NR)	理论峰值/(Mbit/s)	95	185	330
	均值/(Mbit/s)	30	46	51
DSS(LTE)	理论峰值/(Mbit/s)	93	185	370
	均值/(Mbit/s)	30	45	50

验证终端对共享网络的支持度时,选取19款主流全网通4G终端。当共享小区开通独立载波时,支持4G的全网通手机均可以正常使用对方800/900/1800/2100 MHz的共享网络。而当开通共享载波时虽然都

可以占用对方1800 MHz网络频点小区,但华为、oppo、vivo等麒麟和联发科芯片的手机启动驻留1800 MHz共享载波频点时间稍晚。除华为Mate20及Mate20X终端外,其他型号手机都无法正常驻留在800/900 MHz共享载波小区,具体如表4所示。

表4 终端驻留情况

终端驻留	手机型号
中国联通用户成功接入800 MHz、中国电信用户成功接入900 MHz	华为 Mate 20、华为 Mate 20X
中国联通用户锁频可接入800 MHz、中国电信用户锁频可接入900 MHz	华为 Mate 9
中国联通用户未能接入800 MHz、中国电信用户未能接入900 MHz	中兴天机10、苹果X、苹果7、苹果6s、OPPO R11plus、OPPO Reno、OPPO A33、VIVO X20a、vivo iQOO PRO5G、三星s7、三星s8、三星N7105、三星S9、小米9、小米5、荣耀V8

### 3.5 共享网络关键指标分析

共享站点开启后,中国联通、中国电信终端均可正常接入共享站网络的情况下,800 MHz共享站开通后,中国联通、中国电信各小区速率基本达标,但与1800 MHz和2100 MHz小区相比有不小的差异。单独测试小区下载峰值速率可达到140 Mbit/s以上,均达到单验速率要求;同时做业务的情况下,2家用户平分网络资源,2家下载速率均在70~80 Mbit/s,速率基本相当(见表5)。

共享站点的KPI指标在共享载波开通前后保持平稳,其中PRB利用率有所上升,由于开放低业务区网



表5 共享小区速率指标(单位:Mbit/s)

共享场景	上传平均速率		上传峰值速率		下载平均速率		下载峰值速率	
	中国联通	中国电信	中国联通	中国电信	中国联通	中国电信	中国联通	中国电信
中国联通室分L1800	27.8	29.6	34.0	32.0	46.1	64.0	64.3	66.6
中国联通室分L2100	18.2	22.1	20.2	23.9	76.1	74.7	110.1	89.3
中国电信室分L2100	35.0	46.6	48.7	51.9	124.9	123.7	140.9	144.3
中国电信室分L1800	44.0	44.2	45.5	46.5	68.9	69.8	72.7	73.1
中国联通L900	-	-	-	-	26.1	22.5	-	-
中国电信L800	-	-	-	-	21.1	19.3	-	-

络资源,未达到扩容门限。中国联通侧开通前后日均流量有所下降,平均用户数保持稳定。开通独立载波

和共享载波后 VoLTE 呼叫、CSFB、CDMA 业务均正常,站点 VoLTE 业务接入、切换指标保持良好稳定。开放方 VoLTE 无线接通率略有下降,掉话率有所恶化,但整体保持平稳。而在中国电信共享中国联通共享载波时,中国电信用户发起 CDMA 呼叫后 RRC 连接释放,释放原因为 CSFB,从而导致小区级 CSFB 成功率下降。中国联通 CSFB 平均建立时延为 4.91 s,中国电信 CDMA 平均建立时延为 1.28 s。开通共享载波前后中国联通侧、中国电信侧指标如表 6 所示。

#### 4 4G 共享遗留问题解决方案

##### 4.1 15 MHz 和 20 MHz 带宽插花干扰

在中国电信 1 860~1 880 MHz 频段 20 MHz 带宽连续覆盖区域,中国联通开通 1 860~1 875 MHz 频段的

表6 共享小区 KPI 指标

运营商	时期	无线接通率/%	RRC 连接建立成功率/%	LTE 业务掉话率/%	同频切换成功率/%	异频切换成功率/%	VoLTE 无线接通率/%	下行 PRB 利用率/%
中国联通	共享前	99.95	99.98	0.00	99.89	99.67	99.34	1.51
中国联通	共享后	99.94	99.97	0.01	99.88	99.35	99.19	3.17
中国电信	共享后	99.97	100.00	0.02	99.98	99.73	100.00	2.01

15 MHz 带宽会产生 15 MHz 与 20 MHz 插花组网的现象,在小区边缘造成干扰。为了控制 15 MHz 基站对周边 20 MHz 基站的干扰,首先需合理设置中心频点确保 15 MHz 基站与 20 MHz 基站 CRS 位置对齐,并做好 RF 优化,减少 CRS 干扰。在硬件受限的区域,尽量使用共享载波的方式进行共享。调整相邻小区的中心频点,使 15 MHz 带宽前 7.5 MHz 带宽 RS 与 20 MHz 带宽对齐(见图 5)。CRS 位置由 CPI 模 3(2 个发射端口)确

定,为使 15 MHz 与 20 MHz 起始频率相差 3 倍 RE(45 kHz)的整数倍,需满足如下公式:

$$\begin{cases} f_{20\text{MHz}} - 9000\text{kHz} - (f_{15\text{MHz}} - 6750\text{kHz}) = 45 \times m \\ f_{20\text{MHz}} - f_{15\text{MHz}} = 100\text{kHz} \times n \end{cases} \quad (1)$$

式中:

$m, n$ ——自然数

$f_{20\text{MHz}}, f_{15\text{MHz}}$ ——20 MHz、15 MHz 带宽下中心频率

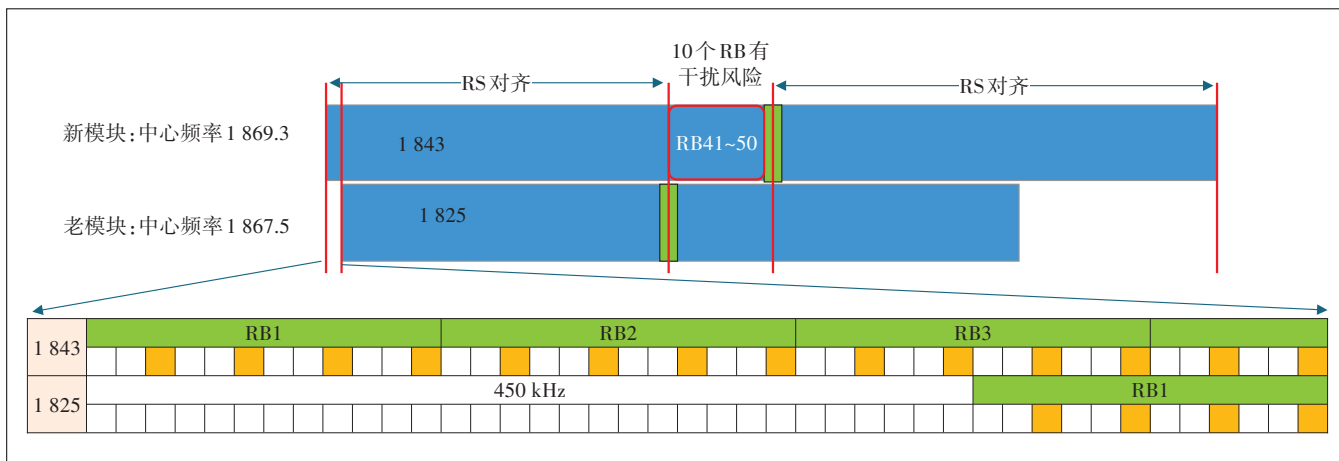


图5 15 MHz 与 20 MHz 干扰协调办法

保持老模块中心频率 1 867.5 MHz 不变,按照式(1)计算  $f_{20\text{MHz}}=1\ 969.3\ \text{MHz}$ ,对应频点号 EARFCN 为 1 843。

#### 4.2 800/900 MHz 终端支持问题

从终端验证及对核心网数据分析来看,全网只有 20%~30% 的终端支持双方低频共享。虽然主流智能终端几乎均为全网通终端,但因同时支持的制式、频段、CA 组合能力等不同,且 3GPP 协议并没有规定终端必须上报硬件全部能力,通常终端厂家都会根据终端 SIM 归属 PLMN 进行适配,不会给网络上报全部能力,导致多数终端无法占用共享载波。目前,全网通手机在硬件上是支持低频共享的,只是软件上需要进行修正。其中小米 10 终端更新 DEMO 版操作软件后,可以成功驻留在双方的低频共享基站。因此需要推动手机厂家更新现有手机型号的操作系统,在后续推出新的手机型号时需同时支持中国联通中国电信双方的低频接入。

#### 4.3 动态频谱共享性能损失

20 MHz DSS 由于存在性能损失问题,可考虑 40 MHz DSS (NR 40 MHz + LTE 20 MHz) 方式部署,40 MHz DSS 优势在于 NR 有独占带宽,可以在独占带宽内配置 SSB/TRS/SIB 等 NR 公共消息,减少对 LTE 侧影响,具体见表 7。

表 7 动态频谱共享速率对比

流量损失	DSS NR 20 MHz + LTE 20 MHz	DSS NR 40 MHz + LTE 20 MHz
LTE 上行流量损失	0.082 (PRACH 约为 1.2%、NRSRS 影响约为 7%)	无影响
LTE 下行流量损失	0.194 (MBSFN 子帧影响为 10%、NR PDCCH 影响约为 6.4%、NR msg2/4 等随机接入资源影响约为 3%)	无影响
NR 上行流量损失	0.156 (PRACH 约为 0.6%、PUCCH 影响约为 8%、LTE SRS 影响约为 7%)	NR 独占部分无影响,共享部分为 15.6%
NR 下行流量损失	25%/22% (LTE CRS 及 PDCCH 约为 24%(4 端口)/21%(2 端口)、SIB 及公共调度影响约为 1%)	NR 独占部分无影响,共享部分为 25%/22%

## 5 结束语

针对当前 4G 网络覆盖的新一阶段的共建共享需求,本文从基站设备能力、双方的低频系统(800/900

MHz 系统)共享方案、室分系统、L1800 网络 15 MHz/20 MHz 带宽插花方案验证、语音和数据业务能力、终端支持能力,以及共享实施方案对网络性能和业务体验的影响等方面,进行了实际的效果验证和性能分析,结果显示 4G 共建共享方案有较好的效果,具有较好的工程参考意义和价值。随着共建共享进一步深入,可引入区域并网和基础资源整合,开展中国联通中国电信覆盖互补、低业务量站址合并。加大 4G 网络资源优化调配力度,提升设备利用效率。深化中国联通中国电信 4G 网络共建共享,助力双方高质量发展,向“现网”要竞争力,充分盘活存量资源,解决 4G 网络弱覆盖、高负荷等问题。坚持网业协同、低成本完善 4G 网络覆盖、降低网络整体 TCO、4G/5G 协同,引导 4G 用户向 5G 迁转,充分挖掘现网资源潜力。以市场业务需求为引领,通过共建共享和资源优化调配完善 4G 网络、确保 VoLTE 感知。同时与市场协同,依托共建共享推进农村广覆盖,重点解决千人村、投诉热点等有业务需求的行政村覆盖问题。随着 5G 时代的来临,面对移动业务高速增长以及业务类型和用户业务模型的变化,弱化 4G 数据权重。

#### 参考文献:

- [1] 刘雅婷. 4G 移动网络现状及前景展望[J]. 电脑知识与技术, 2014, 10(20): 4682-4683.
- [2] 宋蒙, 聂昌, 周瑶. 4G 网络基站共享技术研究[J]. 移动通信, 2016, 40(22): 3-7.
- [3] 杨慧. 后 4G 时代室分的共建共享建设方式探索[J]. 通信技术, 2019, 52(5): 1179-1184.
- [4] 褚烽. 4G 网络多场景深度覆盖解决方案研究[J]. 电信技术, 2015(7): 42-45.
- [5] 陈奇. 4G 基站多场景覆盖能力分析[J]. 电信快报, 2020(2): 12-16.
- [6] 韩志刚, 孔力, 陈国利, 等. LTE FDD 技术原理与网络规划[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [7] 郭燕. 基于 WCDMA 网络的语音优化技术研究[J]. 技术与市场, 2012, 19(6): 217.
- [8] 刘光海, 陈崑崑, 薛永备, 等. 4G 网络基站共享优化解决方案[J]. 邮电设计技术, 2017(4): 31-37.
- [9] 陈秀娟. 中国电信 LTE800M 在农村覆盖中的应用[J]. 移动通信, 2017, 41(7): 50-54.

#### 作者简介:

青春, 工程师, 硕士, 主要从事移动无线网络规划设计咨询工作; 王兴光, 工程师, 主要从事移动无线网络规划设计咨询工作; 胡雅静, 高级工程师, 学士, 主要从事网络规划设计咨询工作; 王珏, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络规划设计咨询工作。