

5G 低频 900 MHz

在深度覆盖场景下的部署与探讨

Deployment and Exploration of
5G Low-Frequency 900 MHz in
Deep Coverage Scenarios

齐咏嘉¹,胡秋悦¹,付 智¹,夏 磊²,刘占强¹,王 斌¹(1. 中国联通上海分公司,上海 200080;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司上海分公司,上海 200080)

Qi Yongjia¹,Hu Qiuyue¹,Fu Zhi¹,Xia Xiao²,Liu Zhanqiang¹,Wang Bin¹(1. China Unicom Shanghai Branch,Shanghai 200080,China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd. Shanghai Branch,Shanghai 200080,China)

摘 要:

随着中国广电/中国移动 700 MHz 网络的规模化部署,中国电信和中国联通的 5G 网络深度覆盖面临巨大压力。分析了 900 MHz 低频网 5G NR 升级模式,通过试点部署论证了 900 MHz 低频网对深度覆盖能力的提升效果,同时结合 5G/4G 中频网络现状,提出 NR900 重耕建议和演进路径,为未来 5G 网络规划建设提供参考。

关键词:

5G/4G;网络演进;低频重耕;深度覆盖

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2025.10.009

文章编号:1007-3043(2025)10-0048-06

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:

With the large-scale deployment of 700 MHz networks of China Radio and Television/China Mobile, 5G deep coverage of China Telecom and China Unicom is facing enormous pressure. It analyzes the 5G NR upgrade mode of 900 MHz low-frequency network, and demonstrates the effectiveness of 900 MHz low-frequency network in improving deep coverage capability through pilot deployment. At the same time, combined with the current situation of 5G/4G intermediate frequency network, suggestions and evolution paths for NR900 refarming are proposed, which provides reference for future 5G network planning and construction.

Keywords:

5G/4G; Network evolution; Low frequency refarming; Deep coverage

引用格式:齐咏嘉,胡秋悦,付智,等. 5G 低频 900 MHz 在深度覆盖场景下的部署与探讨[J]. 邮电设计技术,2025(10):48-53.

1 900 MHz NR 升级方案

1.1 升级模式

900 MHz 频段升级主要有 2 种部署模式:NR900 10 MHz 模式和 DSS 模式。其中 DSS 模式属于过渡状态,可同时满足 4G 和 5G 的覆盖与感知需求^[1-5]。

1.1.1 NR900 10 MHz 模式

NR900 10 MHz 部署模式和现网 L900 10 MHz 的工作频段保持一致,SSB 频点被设置为 954.5 MHz, GSCN 被设置为 2384,此模式在保障 NR900 同频切换

的基础上,可减少现网翻频工作量,NB 仍保持在右侧 200 kHz。具体如图 1 所示。

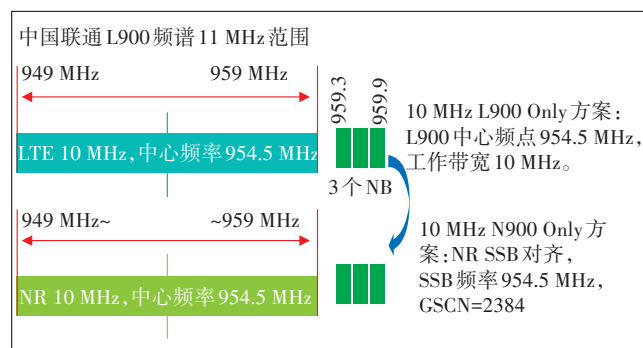


图 1 NR900 10 MHz 频谱范围及 SSB 设置

收稿日期:2025-09-10

1.1.2 DSS 模式

动态频谱共享(Dynamic Spectrum Sharing, DSS)模式就是允许 4G LTE 和 5G NR 共享相同的频谱,并将时频资源灵活、动态分配给 4G 和 5G 用户(见图 2)。这

种方式可提升频谱效率,解决 5G 在较低频段频谱资源不足的问题^[6-10]。若资源冲突时,则按照配置比例进行资源分配。

以现网话统统计保障 4G 性能为例,忙时 900 MHz

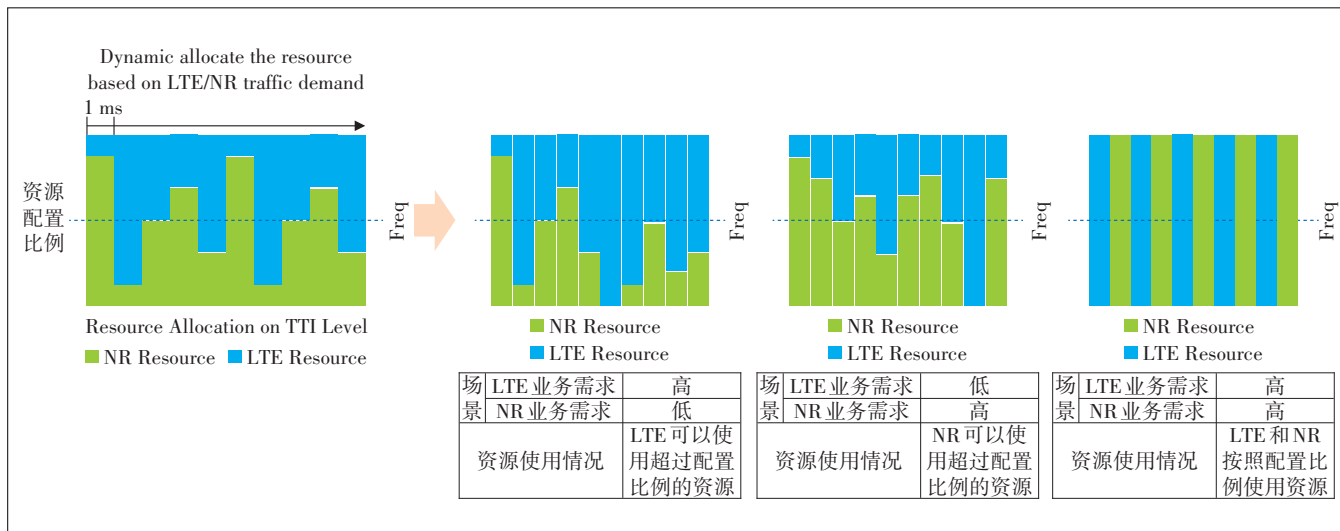


图 2 NR900 DSS 资源配对比

的 LTE 小区负载在 30% 左右,50% 的资源配比基本可以保障 LTE 的业务需求。若总体负载相对稳定,随着 NR 渗透率的抬升,LTE 负载减少,NR 负载抬升,此时 50% 的配比可以同时保障 LTE 和 NR 的性能,若需要进一步保障 LTE 性能,则可将资源配置比例调整为 80%(见图 3)。

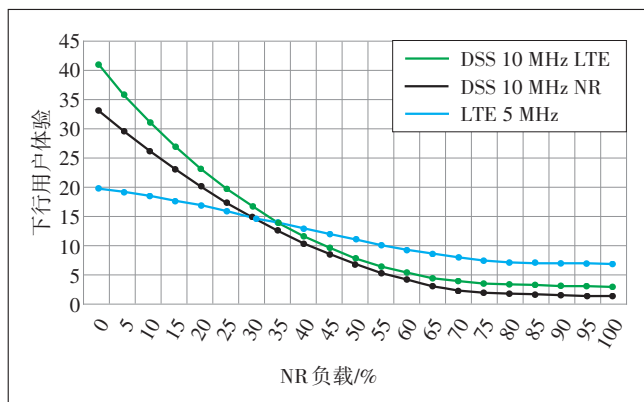


图 3 LTE30% 负载下,不同 NR 负载下的体验变化

伴随 5G 业务流量的增长,当 NR 负载超过 50%,900 MHz DSS NR 和 LTE 的负载已经超过 80%,DSS 载波十分拥塞,此时 DSS 下 4G/5G 的用户体验已低于 5 Mbit/s,建议直接升级至 NR900 10 MHz 模式^[11-13]。

1.1.3 DSS 干扰分析

1.1.3.1 DSS 对 LTE 和 NR 下行的影响

DSS 模式下,LTE 系统和 NR 系统需要避让彼此的公共信道和控制信道,在相应位置进行打孔,LTE 下行由于引入 MBSFN 子帧资源损失约 7.5%;NR 下行由于增加 LTE CRS 和 PDCCH 开销,资源损失约 23%,同时视负载、站间距等不同因素 CRS 额外的干扰影响约有 10%~30%(见图 4)。

1.1.3.2 DSS 对 LTE 和 NR 上行的影响

DSS 模式下,LTE 系统上行增加 NR 系统的 PUCCH 和 PRACH 开销,NR 系统上行增加 LTE 系统的 PUCCH 和 PRACH 开销,两系统上行开销与 LTE 10 MHz 或 NR 10 MHz 相比均有所增加(见图 5)。

1.2 频率配置策略

针对 NR900 的各种升级方案,NR SSB 频点配置应保持一致,确保全网 900 MHz 5G 的同频切换,且升级/改造邻区改动小^[14],具体配置如图 6 所示。

若采用 DSS 部署方式,由于 2T 和 4T SSB 对齐,NR SSB 频率只能使用 954.5 MHz(GSCN=2384)(见表 1)。

1.3 DSS 与 NR900 10 MHz 效果对比分析

在某市联通现网选取连片区域进行试点,连片部署的基站规模为 43 个(见图 7),验证基站开启 DSS900(5:5)、DSS900(8:2)和 NR900 10 MHz 的覆盖、速率和感知的差异。

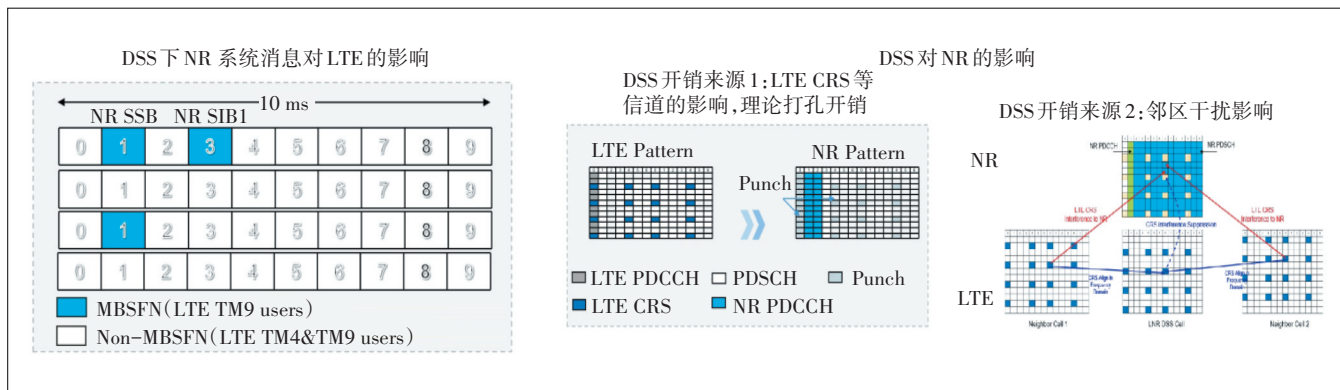


图4 DSS下NR和LTE的下行干扰情况

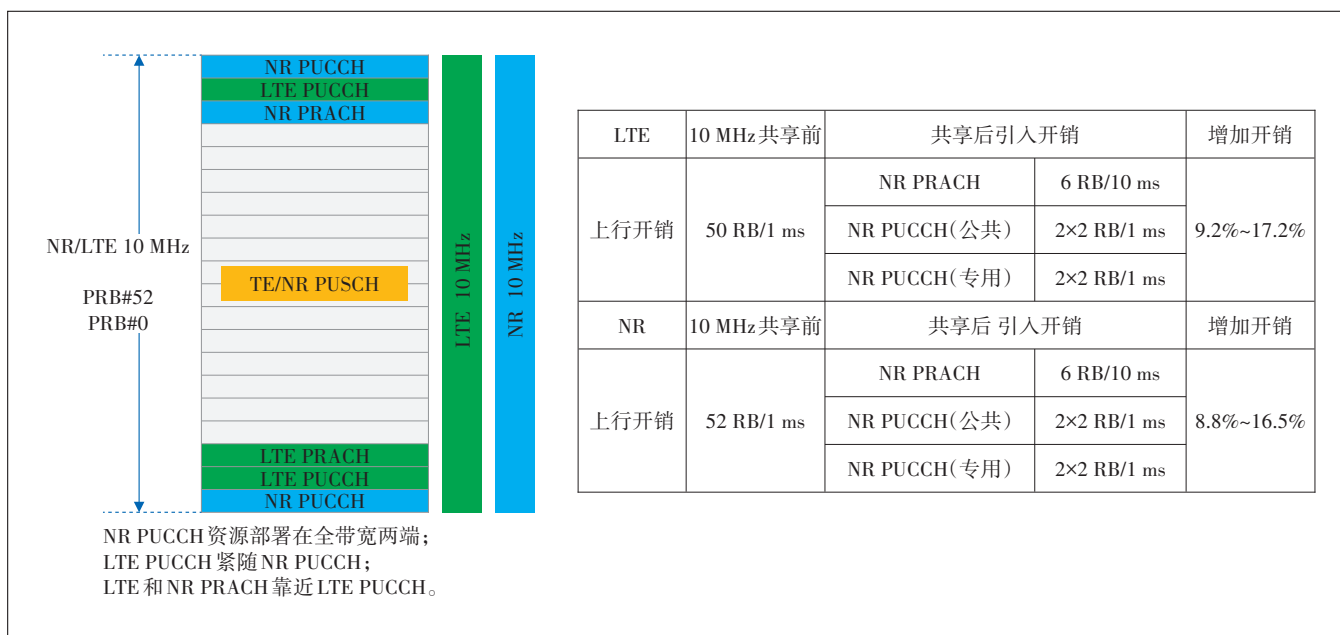


图5 DSS下NR和LTE的上行干扰情况

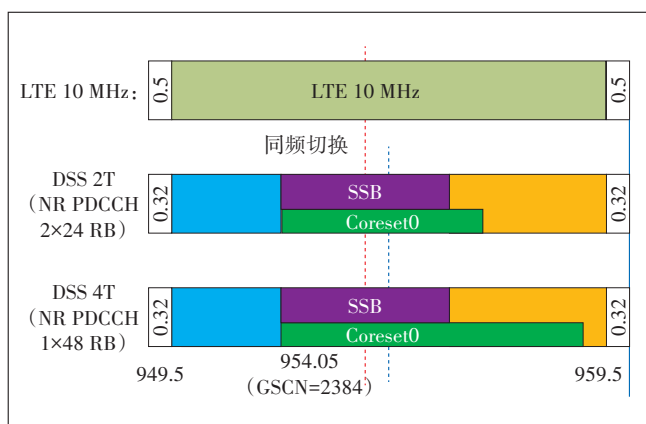


图6 900 MHz频率配置方案

测试结果如表2所示,从表2可以得出如下结论。

表1 900 MHz频率配置方案

参数	LTE 10 MHz (2T/4T)	DSS 10 MHz (2T/4T)	NR 10 MHz (4T)
中心频率/MHz	954.5	954.5	954.5
中心频点	3745	3745	190900
SSB GSCN频点(频率)	—	—	2384(954.05)

a) DSS 8:2与DSS 5:5方案基本无差别,但均会引入L900对NR900干扰。LTE上行平均速率降低约20%,下行平均速率降低约10%,NR远点上/下行速率降低40%~60%,语音MOS降低约10%。

b) DSS与Only插花方案,优于DSS 8:2或者5:5方案,对于L900高业务承载区域(语音、数据占比>1%,或者广覆盖区域),建议保留高业务站点开通DSS

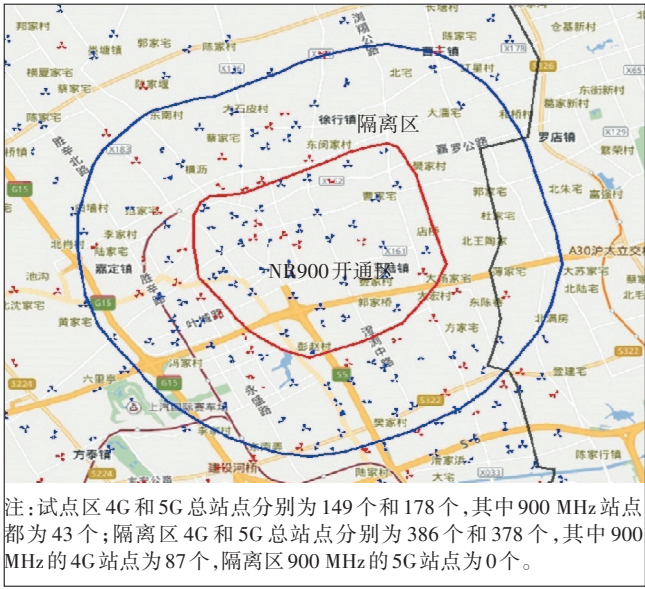


图7 试点区域和站点数量

表2 DSS900(5:5)、DSS900(8:2)、NR900 10 MHz 的覆盖、速率、感知对比

分类	部署方案	路测指标					网管指标						
		RSRP/ dBm	SINR/ dB	下行速率/ (Mbit/s)	上行速率/ (Mbit/s)	语音丢 包率/%	下行感知速 率/(Mbit/s)	上行感知速 率/(Mbit/s)	日均流 量/GB	话务量/ Erl	上行底 噪/dBm	数据质差 小区数/ 占比	语音质差 小区数/ 占比
NR	NR900(DSS 5:5)	-85.5	5.4	18.5	14.0	1.55	10.30	0.68	40	0.55	-109.4	15/11.8%	4/3.2%
	NR900(DSS 8:2)	-86.5	4.0	18.3	14.2	1.44	11.20	0.65	41	0.41	-108.2	15/11.8%	4/3.2%
	NR900 Only	-87.0	4.1	38.0	17.0	1.51	24.20	0.82	48	0.55	-107.5	9/7.1%	3/2.4%
	NR900(DSS 插花)	-86.0	3.5	25.0	14.0	1.53	15.40	0.69	45	0.68	-107.1	11/8.7%	4/3.2%
LTE	L900(初始)	-87.6	10.3	28.7	12.4	1.25	24.85	2.47	262	29.30	-110.7	1/0.7%	2/1.4%
	L900(DSS 5:5)	-88.8	8.0	22.0	10.0	1.34	22.70	2.16	245	27.40	-109.9	2/1.4%	1/0.7%
	L900(DSS 8:2)	-88.2	9.0	21.0	8.3	1.37	20.90	1.98	259	26.60	-110.9	2/1.4%	1/0.7%

以上,4G 中频网络深度覆盖能力得到补足,L900 深度覆盖承载压力得到进一步释放,L900 流量占比逐渐由 4.3% 降至 1.3%(见图 8)。

2.2 NR900 10 MHz 试点部署与效果验证

为了进一步验证 NR900 10 MHz 的试点部署效果,某市联通根据业务承载分布情况,选取中心城区连片区域进行试点部署。首先 4G 中频全量共享后,区域内 4G 站址从 328 个增加至 513 个,约 31% 的 4G 业务量分流至中国电信中频。区域内整体语音及数据业务占比均降至 1% 以下,本次在 107 站开通 NR900 10 MHz Only,未保留 DSS 站点。

在本次连片部署区域内,为确保用户感知平稳,依然采用空闲态优先驻留大带宽策略,用户优先驻留 NR3.4/3.5,优先级设置为 NR3.4/NR3.5>NR2.1>NR900

(DSS 比例不超过 20%,影响在 2 层站),其余站点直接重耕至 10 MHz Only。

c) 相对 L900,NR900 可通过 SSB 波束赋形实现覆盖增强 1~3 dB;NR900 的上/下行速率约可以达到 L900 的 1.3 倍。对于 L900 低业务承载区域(语音、数据占比 <1%),优选 NR900 Only 方案。

2 NR900 10 MHz 试点部署分析

2.1 NR900 10 MHz 演进条件

为了使 NR900 10 MHz 升级工作顺利开展,首先需要 对 L900 业务进行迁移。2020 年,某市电联已逐步启动 4G 中频共享工作。2023 年电联中频资源共享完成后,某市联通的 4G 中频基站站址已从原先的 11 000 站增加至 15 000 站,共享率可达 99%,现网 4G 中频的覆盖水平得到了进一步提升,整体 4G 中频 MR≥-110 dBm 比例可达 95% 以上,MR≥-112 dBm 比例可达 98%

>L1.8/L2.1>L900;连接态基于语音和数据业务的特征进行差异化的切换门限设置,900 MHz 作为深度覆盖补充。现场拉网测试结果显示:NR900 路测下行速率从原 L900 的 26 Mbit/s 提升到 39 Mbit/s,提升了 13 Mbit/s,增幅为 50%,NR900 路测上行速率基本无变化。

开通 NR900 后,MR 栅格覆盖率从 97.4% 提升至 98.4%,深度覆盖测试结果显示:NR900 深层覆盖优势明显,比 NR2.1 电平高约 5~10 dB,比 NR3.5 电平高约 10~15 dB,可以穿透 3 堵墙(见图 9)。

为了进一步验证 NR900 的深度覆盖效果,针对 900 MHz 常驻用户进行分析,确认 NR900 开通前后常驻用户的迁移情况。根据高业务量(自忙时流量超过 1 GB)的 NR900 小区分布情况,选取某新村附近 8 个 NR900 高业务小区居民区场景,同时外扩 500 m 选取



图8 L900业务进行迁移

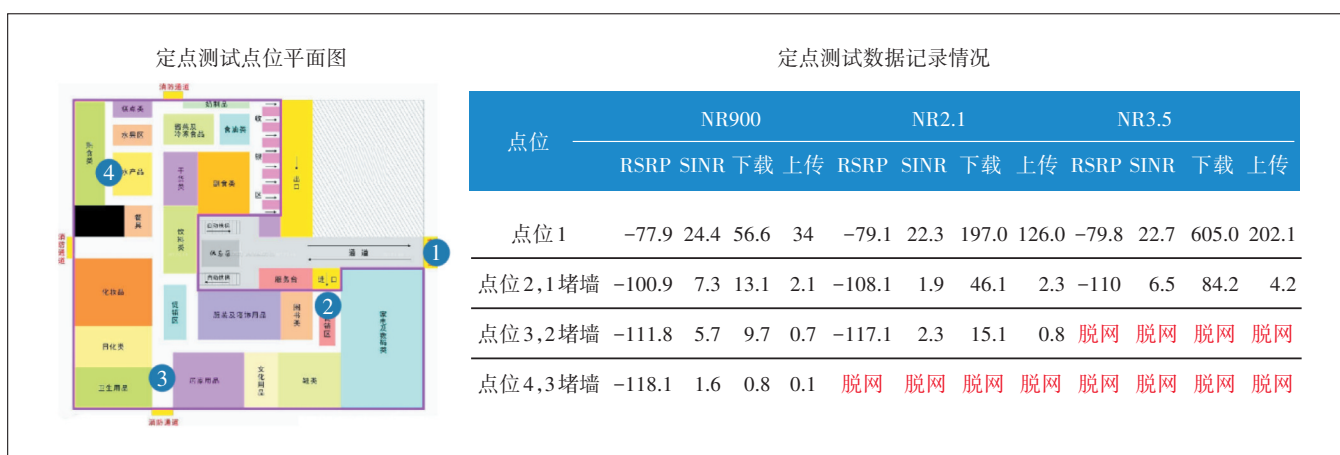


图9 NR900 深度覆盖测试效果

试点区域,关闭区域内高业务 NR900 站点进行分析,分析 4G/5G 业务流向。

通过大数据平台提取到该试点区域内 NR900 常驻用户 20 个,小区关闭后,有 35.97% 的 NR900 用户迁移至 4G,有 35% 的用户迁移至 NR2.1,有 29.03% 的用户迁移至 NR3.5。通过以上试验验证,该区域 NR900 闭环后,NR900 有近 35% 的用户和采样点流向 4G,也充分验证了 NR900 的深度覆盖的托底作用。

3 终端对 NR900 的支持情况

目前随着苹果终端逐步放开软件版本能力,现网终端对 NR900 的软硬件支持率逐步提升,截至 2024 年第 1 季度,某市现网 NR900 硬件支持率为 66.3%,软件支持率为 39.8%,后期随着苹果、vivo 等终端新版本的升级,以及其他品牌终端的迭代更新,NR900 的软件支持率将进一步提升。

为了进一步分析 900 MHz 终端的分布情况,以小

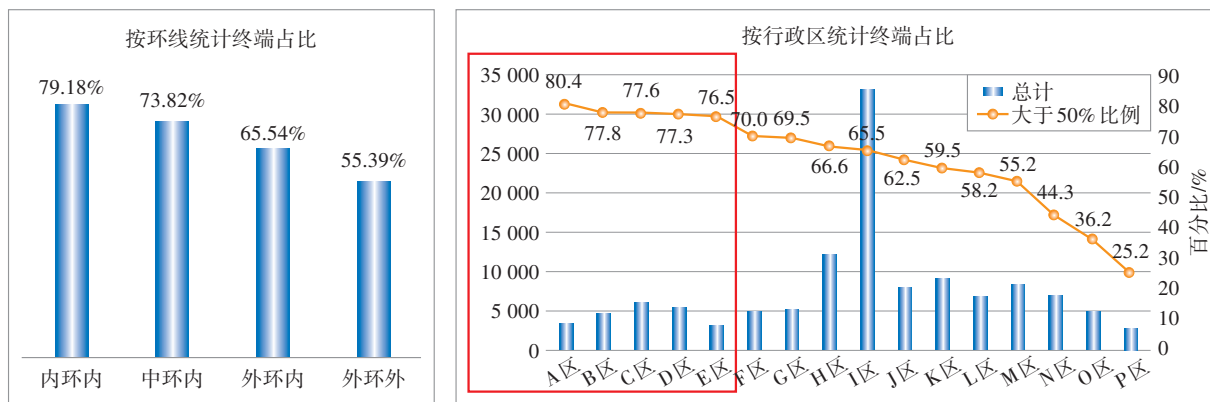
区为单位,分析该小区下支持 900 MHz 的终端占该小区的所有终端的比例,为下一步开通 900 MHz 的部署安排提供支撑,分析结果如图 10 所示,从图 10 可以看出,对于某市来说,A 区、B 区、C 区、D 区等环内行政区的 900 MHz 终端占比更高,可优先推进 NR900 升级工作。

4 NR900 升级部署建议

NR900 升级部署应结合 900 MHz 的终端支持率、中频覆盖情况及业务量占比等情况,在连片区域达到门限后再进行 NR900 升级。具体升级策略和判断条件建议如下。

a) 终端支持率。参照 U900(30%)和 L900(50%)的重耕启动门限,当 NR900 终端渗透率达 40%~50% 时,则具备 NR 升级条件。

b) 4G 中频覆盖率。在 4G 共享一张网的基础上,中频覆盖优于各本地网共享前水平或达到原中国联



注:①“大于50%比例”:以小区为粒度,该小区下支持900 MHz的终端/该小区下所有终端。
②举例说明:A区80.4%表示A区80.4%的小区900 MHz终端超过50%。

图10 NR900终端占比按环线、行政区分析

通中频+L900覆盖即可。

c) 5G 流量分流比。5G 流量分流比应大于等于50%,重点保障5G用户。

d) L900 业务承载。尽量越低越好,建议L900话务量占比在1%以下,流量占比在2%以下,各本地网可参考自身水平,保持4G业务平稳。

e) 重耕节奏。各省根据自身条件,分阶段分区域开通,建议连片部署。

5 总结

5G网络部署已由广域覆盖逐步迈入深度覆盖阶段,900 MHz作为中国联通低频黄金频段,对于城区5G深度覆盖能力提升有明显作用^[15]。本文分析了NR900的升级方案,并在现网中对不同方案进行了试点验证,分析其升级效果,形成NR900的升级部署建议,为各本地网900 MHz升级提供参考。

参考文献:

- [1] 钟坛旺. 800M NR低频重耕方案探讨[J]. 广东通信技术, 2023, 43(12): 69-72.
- [2] 刘贤锋. 农村5G 700M网络的承载策略研究应用[J]. 广东通信技术, 2023, 43(11): 30-33.
- [3] 谭伦. 中国广电补足5G低频商用版图700M频谱迁移年内完工[N]. 中国经营报, 2023-10-02(C02).
- [4] 李浩男, 司鼎, 吴威. NR900三种方式部署策略研究[J]. 长江信息通信, 2023, 36(8): 197-200.
- [5] 李文彬, 许建新, 孙利军, 等. 900M重耕节奏研究[J]. 中国新通信, 2023, 25(8): 26-28.

- [6] 王绪祥. 高低频融合组网下的无线接入方法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2023.
- [7] 刘光海, 肖天, 李贝, 等. 4G载波向5G重耕之前的5G业务覆盖能力研究[J]. 电信科学, 2023, 39(3): 115-123.
- [8] 司鼎, 张中华, 吴一凡, 等. 面向5G竞对的低频网部署策略研究[J]. 长江信息通信, 2022, 35(12): 211-214.
- [9] 黄玉锋. 联通5G网络建设中的多频段基站规划策略——以佛山区域5G基站规划为例[J]. 长江信息通信, 2022, 35(12): 222-223, 229.
- [10] 李凤花, 迟明仁. 基于900MHz的5G网络部署策略浅析[J]. 山东通信技术, 2022, 42(2): 6-9.
- [11] 米飒. 移动通信系统NR700M组网研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2022.
- [12] 陈金戈, 王宏星, 董冰, 等. 800/900M低频重耕策略研究[J]. 长江信息通信, 2021, 34(12): 173-175.
- [13] 谢玉铭, 虞小辉, 沈俊杰. FDD900M承载及语音质量提升技术研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2021, 34(2): 46-496, 66.
- [14] 颜斌. 联通2/3/4G/5G网络发展分析[C]//5G网络创新研讨会(2020)论文集. 北京: TD产业联盟, 2020: 51-54.
- [15] 于黎明, 赵峰. 中国联通5G无线网演进策略研究[J]. 移动通信, 2017, 41(18): 54-59.

作者简介:

齐咏嘉, 高级工程师, 硕士, 主要从事无线网络规划及优化工作; 胡秋悦, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络规划与优化工作; 付智, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络规划工作; 夏晶, 高级工程师, 硕士, 主要从事无线网络规划设计工作; 刘占强, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络综合优化管理工作; 王斌, 工程师, 学士, 主要从事无线网络规划及网络演进工作。