

900 MHz 低频网重耕策略研究


Research on Re-farming Strategy of 900 MHz Low-frequency Network

杨定楚¹,李展²,詹伟²(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)
Yang Dingchu¹,Li Zhan²,Zhan Wei²(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China;
2. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

摘要:

首先探索了 900 MHz 重耕和长期演进的技术可行性,并通过在现网条件下的新建 NR900 和现网 L900 升级的多个外场测试验证总结了 900 MHz 重耕的场景区应用,同时结合现网制式、业务负荷、现网干扰等维度分析探索 900 MHz 低频网重耕的整体策略。然后阐述 900 MHz 网络演进规划的原则和方法,最后展望应用于 900 MHz 的技术创新方向和多频协同的价值。

关键词:

900 MHz; 重耕; 覆盖规划; 多频协同
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2023.09.010
文章编号: 1007-3043(2023)09-0053-05
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:

Firstly, the technical feasibility of 900 MHz re-farming and long-term evolution is explored, and the scenario application of 900 MHz re-farming is summarized through multiple field tests of the new NR900 and the upgrade of the existing L900 under the conditions of the existing network. At the same time, the overall strategy of 900 MHz low-frequency re-farming is explored in combination with the dimensions of the existing network system, service load and existing network interference. Then it describes the principles and methods of 900 MHz network evolution planning. Finally, it looks forward to the direction of technological innovation and the value of multi frequency collaboration applied to 900 MHz.

Keywords:

900 MHz; Re-farming; Coverage planning; Multi-frequency cooperation

引用格式: 杨定楚,李展,詹伟. 900 MHz 低频网重耕策略研究[J]. 邮电设计技术, 2023(9): 53-57.

1 概述

900 MHz 频段由于频率低、覆盖能力强,被称为移动通信的黄金频段,未来可与高中频协同打造一张连续覆盖的 5G 精品网,对于无线网络建设具有非常重要的意义。因此,须在现阶段研究和探索 900 MHz 频段重耕、技术创新、试点应用等内容,为 900 MHz 网络规模建设积累经验、奠定基础。

2 900 MHz 频谱重耕策略探索

频谱是运营商最核心的资源,900 MHz 由于覆盖

能力强的特点,更是各运营商的宝贵资源。目前国内 900 MHz 频谱在公用移动通信领域共计有 2×26 MHz 带宽,其中上行 889~904 MHz、下行 934~949 MHz 归属中国移动,共 2×15 MHz 带宽;上行 904~915 MHz、下行 949~960 MHz 归属中国联通,共 2×11 MHz 带宽。

现阶段中国联通的 900 MHz 频谱主要应用于 2G、3G 和 4G 制式,中国移动应用于 2G 和 4G 制式,另外 900 MHz 具备低频覆盖优势还承载了 NB-IoT 等窄带物联网业务。由于现阶段 900 MHz 均被现有制式占据,如须使用 900 MHz 承载 5G 业务,势必要考虑 900 MHz 频谱重耕的影响。

GSM、UMTS、LTE 等网络的频谱资源必将逐步腾退用于 5G 或更高制式的网络技术,这就是频谱重耕

收稿日期: 2023-06-14

(Frequency Re-farming)的概念。现网的用户和业务被迁移到更为先进的网络制式上,逐步关闭原有的2G/3G/4G网络,利用2G/3G/4G网络的频谱资源去部署5G网络;或者逐步清退原有的部分制式网络,利用SDR(软件无线电)技术来同时部署2种或多种网络制式。900 MHz频谱重耕要重点考虑的因素主要有:现网业务影响、新部署网络体验、干扰情况、连片规模重耕可行性等等。

2.1 900 MHz 频谱重耕试点验证

为了研究900 MHz频谱重耕策略,中国联通组织开展了新建NR900和现网L900升级的多个外场测试验证。由于900 MHz频段当前承载了2G、3G、4G不同制式的网络,且每个省份、每个地(市)均存在不同的组网情况,且在城区、县城、乡镇和农村等不同场景下的网络负荷、制式均相差迥异,900 MHz现网条件非常复杂,亟需因地制宜分场景进行试点验证,切勿一刀切。

2.1.1 归纳测试场景,针对性进行验证

对现网900 MHz网络现状进行整体梳理,根据现网制式、干扰情况、有无托底和现网负荷等4个维度进行场景的归纳和总结,并对NR900和现网NR3500、NR2100等5G中高频制式进行覆盖性能对比测试。

现网制式:对现网900 MHz小区进行初步统计,其中仅开LTE单模的约占35%,开通UMTS和LTE双模制式的约占45%,开通GSM和LTE双模制式的约占10%,剩余10%为开通GSM、UMTS和LTE三模或其他制式。因此对现网制式划分成前三大类,基本能涵盖现网绝大多数场景。

干扰情况:中国联通900 MHz存量基站约31万站,测试发现900 MHz频段受现网用户私建宽频直放站的影响,干扰较为严重,大城市干扰尤其严重。干扰问题导致手机显示有信号覆盖,但语音和上网业务体验很差。根据对业务的影响,将干扰强度划分成中高干扰和低干扰,其中中高干扰以基站接收底噪信号大于等于-108 dBm作为标准。

有无托底:即同站址或相近站址有无足够的L1800或L2100中频基站作为900 MHz重耕的托底,如有中频基站托底则900 MHz重耕难度相对较低,如无中频基站托底则重耕难度较大。

现网负荷:充分评估现网LTE900的网络负荷情况,作为900 MHz重耕验证的重要依据之一。

从现网制式、干扰情况、有无托底和现网负荷等4

个维度对场景进行划分,形成九大验证场景,并选取典型场景进行测试验证,详见表1。

表1 900 MHz 频谱重耕试点验证九大场景分类

验证场景	现网频谱	干扰情况	有无LTE1800/LTE2100托底	LTE 现网负荷
场景1	10 MHz LTE	中高干扰 (>-108 dBm)	-	-
场景2		低干扰 (<-108 dBm)	有托底	PRB>30%
场景3			有托底	PRB<30%
场景4			无托底	PRB>30%
场景5			无托底	PRB<30%
场景6	5 MHz UMTS+	低干扰 (<-108 dBm)	有托底	-
场景7	5 MHz LTE		无托底	-
场景8	GSM+LTE		有托底	-
场景9			无托底	-

2.1.2 NR900与NR3500、NR2100的覆盖对比

通过对NR900和现网NR3500、NR2100中高频制式5G网络的覆盖能力进行对比测试,对NR900的覆盖性能进行评估分析。

在某酒店地下室场景同时测试NR900和NR3500的覆盖性能, NR900覆盖比NR3500覆盖更远,同点位NR900 RSRP比NR3500高8 dB左右,详见图1。

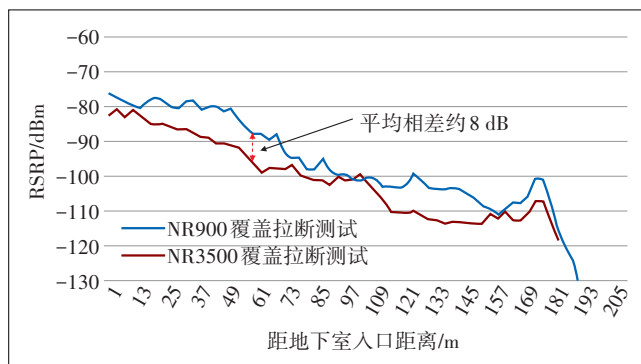


图1 NR900和NR3500的覆盖性能对比测试

在某超市地下室场景,同时测试NR900和NR2100的覆盖性能,浅层同点位NR900 RSRP比NR2100平均高2.1 dB左右,深层同点位NR900 RSRP比NR2100平均高6.6 dB左右,详见图2。

2.1.3 L900带宽压缩之后对用户感知的影响分析

部分场景现网的L900升级为NR900会优先开通5 MHz NR900, L900带宽将由10 MHz压缩到5 MHz, L900带宽压缩之后对用户感知必将造成一定的影响,为此分别在2个县城的中高负荷场景下进行了对比测试,结论如下。

县城1: L900带宽从10 MHz缩减为5 MHz后,

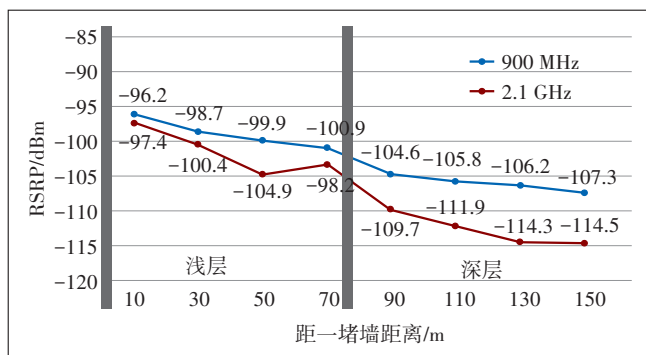


图2 NR900和NR2100的覆盖性能对比测试

L900 忙时下行速率平均下降 53%，下行流量下降 48%，接入用户数减少了 21%。

县城 2: L900 带宽从 10 MHz 缩减为 5 MHz 后, L900 忙时下行速率平均下降 59%，下行流量下降 36%，接入用户数减少了 28%。

从上述 2 个县城的测试可以看出, L900 带宽从 10 MHz 缩减为 5 MHz 带宽之后, 升级 NR900 会造成现网 L900 用户体验下降。因此在此场景下, 需进行充分评估和话务迁移后, 再考虑启动规模重耕。

2.1.4 U/L900 重耕为 U/NR900 的网络性能分析

U/L900 由于现网已承载了 3G 和 4G 双模, 11 MHz 有限的带宽条件下不具备同时开通三制式的条件, 需至少清退现网 1 种制式。如果 U/L900 区域有中频 L1800 托底, 则可考虑试点退网 L900, 保留 U900 的方案, 从而开通 U/NR900 双模制式; 如果 U/L900 区域无中频 L1800 托底, 则该场景需考虑语音托底的方案, 在解决语音托底之前需谨慎启动重耕。通过在某城市测试验证中发现, 试点 U/L900 重耕为 U/NR900 之后, 出现部分 4G 用户投诉的现象, 说明现阶段该场景暂不适宜规模重耕, 建议待 3G、4G 用户迁移后再做考虑。

2.1.5 频率隔离方案探索和验证

900 MHz 频谱承载了现网多制式网络, 在形成最终的目标网之前, 本地网之间甚至本地网内势必存在大量不同区域使用不同频谱策略的情况, 在重耕时必须分场景、分阶段逐步推进, 具备重耕条件的区域和当前不具备重耕条件的区域之间须合理设置频率隔离带, 以避免同频之间的干扰问题。通过在试点区域的探索和验证, 应设置至少 3 圈频率缓冲区带来保证 LTE 和 NR 的性能, 4 圈缓冲区来保证 UMTS 和 NR 的性能。同时在缓冲区应清除 5 MHz NR 对应的 5 MHz 频点, 在某县城对频谱隔离方案进行试点时发现, 设置 3 圈频率缓冲区可基本保障 LTE 和 NR 的性能(见图 3)。

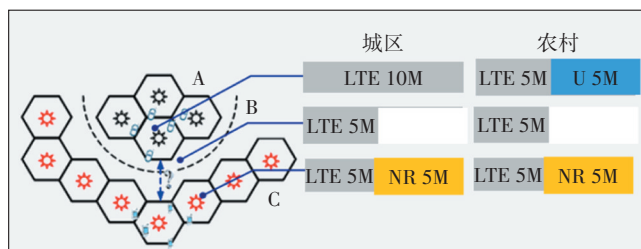


图3 NR900 频谱重耕隔离带示意图

2.1.6 900 MHz 干扰影响评估和研究

首先, 通过试点验证总结 900 MHz 干扰强度对网络容量的影响, 分别通过路测和话统指标进行对比。

通过路测分析发现当干扰抬升 15 dB 时, 下行平均速率约损失 47%, 详见表 2。

表 2 900 MHz 干扰对网络吞吐率的影响

有无干扰对比	平均速率	最小速率
无干扰/(Mbit/s)	23.1	4.9
有干扰/(Mbit/s)	12.3	2.4
损失/%	46.8	51.0

对话统指标进行统计分析发现, 当干扰抬升 20 dB 时, 下行流量约损失 46%, 上行流量约损失 40%。

其次, 通过对某城市进行海量测试, 基于 L900 5 MHz 带宽, 研究不同干扰强度下对视频和网页浏览等业务的影响, 对试点验证结果进行总结, 典型业务的良好体验与干扰的关系如下。

a) 无干扰场景下, 用户感知的上下行速率高, 视频业务使用流畅。

b) 干扰抬升 15 dB 时, 速率下降 50%, 大部分场景下只能浏览网页文字, 无法使用抖音和爱奇艺等视频 APP 业务, 并且基站信号强度越低, 外部干扰的影响越大(见表 3)。

2.2 900 MHz 网络规划原则探索和频率重耕建议

经过现网充分测试验证后, 总结 900 MHz 覆盖性能以及 900 MHz 频谱重耕对现网业务和用户体验的影响, 用于指导 900 MHz 网络规划、建设方案和频率重耕方案的制定。

2.2.1 900 MHz 网络规划原则

首先, 探索 900 MHz 的边缘覆盖标准。为保障数据业务和语音业务的良好感知, 要求上行边缘速率不低于 1 Mbit/s。建议城区场景的上行边缘速率不低于 3 Mbit/s, 农村场景的上行边缘速率不低于 1 Mbit/s。基于上下行链路平衡原理, 根据上行路损推导下行覆盖的信号电平 RSRP, 基于上下行链路平衡原理, 推导

表3 900 MHz 干扰对业务体验的影响

干扰强度	RSRP(-90 dBm)	RSRP(-95 dBm)	RSRP(-100 dBm)	RSRP(-105 dBm)	RSRP(-110 dBm)	RSRP(-115 dBm)
强干扰(-90 dBm)	视频业务流畅	视频缓冲延迟	视频严重卡顿	业务无法使用	-	-
高干扰(-95 dBm)	视频业务流畅	视频业务流畅	视频卡顿	业务无法使用	-	-
中干扰(-100 dBm)	视频业务流畅	视频业务流畅	视频业务流畅	视频卡顿	业务无法使用	-
中干扰(-105 dBm)	视频业务流畅	视频业务流畅	视频业务流畅	视频业务流畅	视频卡顿	业务无法使用
轻干扰(-110 dBm)	视频业务流畅	视频业务流畅	视频业务流畅	视频业务流畅	视频卡顿	业务无法使用

上行边缘速率对应的信号电平覆盖标准, 详见图4。

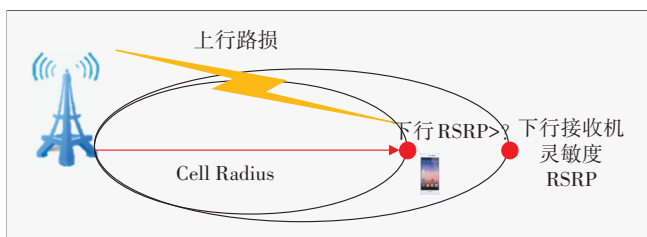


图4 NR900链路预算示意图

上行最大路损=UE子载波EIRP+基站天线增益-上行干扰余量-底噪-穿透损耗-馈线损耗-解调SINR

下行RSRP=导频子载波功率+基站天线增益-馈线损耗-上行最大路损-穿透损耗-上下行路损差

基于上下行链路平衡原理, 推导上行边缘速率对应的信号电平覆盖标准如表4所示。

表4 上行边缘速率对应的信号电平覆盖标准

场景	上行边缘体验目标/(Mbit/s)	下行覆盖电平RSRP/dBm	站间距/km
城区	3	-100	0.43
乡农-平原	1	-108	1~1.5
乡农-其他	1	-108	1.5

其次, 根据覆盖目标, 制定900 MHz网络规划方案, 需结合用户规模、业务比例、质量要求等信息对目标网络进行全面分析和系统规划。主要包括无线网络需求分析、无线网络预规划和无线网络小区规划3个步骤, 包含覆盖规划、容量规划、传输带宽规划和天线隔离度要求等方面。

900 MHz网络规划初始阶段要对网络信息进行充分摸底, 主要用于网络规模估算、网络规划仿真以及小区参数规划的输入, 包括:

a) 900 MHz现网制式、900 MHz现网规模、建网策略、建网目标、频段信息、覆盖区域信息、业务要求、覆盖概率、信号质量要求、数字地图等信息。

b) 路测数据、话统/MR数据、站点分布及工程参数等。

RF规划的目的是通过规划仿真确定900 MHz基

站的站址、站高、方向角、下倾角、功率等工程参数以及SSB波束模型的配置。RF规划之后启动无线参数规划工作, 无线参数规划包括PCI规划、PRACH根序列规划、位置区规划和邻区规划。PCI规划主要用来确定每个小区的物理小区ID; PRACH根序列规划主要是基于小区覆盖范围设置合理的位置区参数; 位置区规划主要对跟踪区进行规划; 邻区规划主要为每个小区配置相应的同频邻区、异频邻区、异系统邻区, 确保切换的正常进行。

根据规划输出的结果, 对每一个站点的选择进行实地勘测验证, 确定指导工程建设的各项网规相关的小区工程参数; 然后通过仿真以验证小区参数设置的合理性及规划效果, 并输出无线网络规划方案用于指导工程建设。

2.2.2 900 MHz 频率重耕方案建议

根据上述测试验证和研究分析, 对各场景下的900 MHz频率重耕方案给出如下建议。

a) 在中高干扰场景下, 由于干扰对现网业务影响较大, 建议在规模重耕之前提前启动干扰的排查和清理工作, 以保障重耕后4G/5G网络业务的良好感知。

b) 在低干扰、现网负荷较低的场景下, 如当前网络制式仅有LTE, 可优先启动900 MHz的频率重耕, 中短期内开通900 MHz LTE 5 MHz和NR 5 MHz双模, 长期演进到NR 10 MHz单模模式; 如当前网络制式仍有LTE和UMTS、或LTE和GSM并存, 则需考虑清退2G/3G制式后启动NR演进, 以保障在900 MHz仅有10 MHz带宽条件下4G/5G业务体验最佳。

c) 在现网负荷较高且无中频托底的场景下, 建议根据网络负荷条件分节奏逐步启动NR重耕工作; 或考虑利用4G一张网腾挪的中频设备补充低频频段后快速启动NR演进。

3 900 MHz 网络技术创新和应用

3.1 900 MHz 干扰抑制和快速检测创新

个人用户、企业用户私自使用不合格通信设备或

非法使用频段对无线网络造成干扰,不但影响网络指标、用户体验和系统容量,同时降低网络效能。用户私装的非法直放站是主要干扰源之一,具有隐蔽、分散、不易排查等特点,运营商每年投入大量资金进行干扰排查,但是收效甚微。为破解 900 MHz 干扰定位难、排查难、效率低的问题,中国联通积极开展精品网干扰整治行动,基于干扰特征识别+精准定位算法,支撑干扰高效处理;通过网管+MR 测量报告数据建模、干扰特征库匹配等方法,区分外部干扰和内部干扰,精准输出 900 MHz 干扰源位置,提升排查效率(见图 5)。

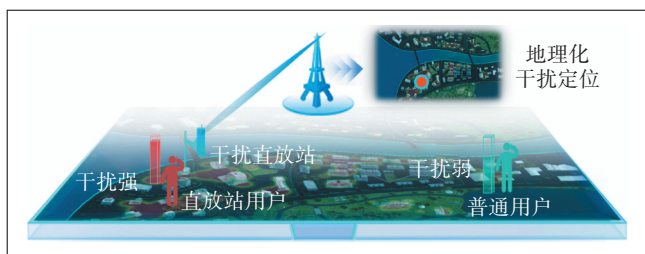


图5 900 MHz直放站干扰排查示意图

某省干扰排查项目组以省会城市城区的 144 个基站连片区域为试点,通过网管数据识别高干扰小区 51 个,基于手机定位功能和干扰特征识别方案精准定位直放站干扰源位置 44 个,现场已实地找到干扰源 34 个,定位精度 50 m 以内的准确率为 77%。从数据采集、特征识别到方案输出和现场排查确认,平均 0.8 人天定位 1 个干扰源。对比主要依靠工程师个人经验的传统干扰排查方式,本方案工作效率提升 3 倍以上,为 900 MHz 网络的干扰清除和后续频率重耕奠定了坚实的基础。

3.2 虚拟大带宽技术创新

通过整合碎片化频谱,让低频网不仅仅是解决覆盖问题,更能支撑好高带宽的数字应用。2 个离散载波独立配置时,每个载波均需配置广播信道块与下行控制信道。整合为一个虚拟大带宽后,广播信道块与下行控制信道仅需在一个离散载波上配置,可节省公共资源开销,整体频谱利用效率提升 20%。以中国电信和中国联通现有 800 MHz 和 900 MHz 频谱为例,未来两者 10 MHz+10 MHz 的频谱整合后可实现等效 24 MHz 带宽的用户体验。

3.3 基于 900 MHz 和 C-Band 的多频协同

C-Band 具有带宽大的优势,适合下行大带宽业务,但频段高,覆盖能力有限,上行覆盖能力较弱。

900 MHz 频段低,上行全时隙,可在 C-Band 覆盖的远点实现上行大带宽业务。基于 900 MHz 和 C-Band 的多频协同技术,将 C-Band 5G 主力频谱 3.5 GHz 与 900 MHz 进行优势互补,实现上行用户始终驻留最佳载波,有效提升远点的上行覆盖和体验。同时通过 3.5 GHz、900 MHz 双层网的载波动态关断,实现协同节能(见图 6)。

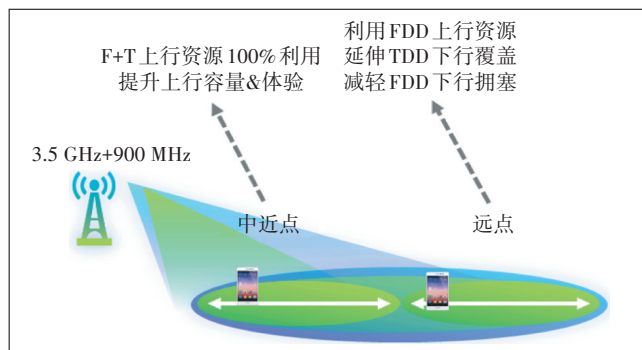


图6 900 MHz与3.5 GHz多频协同示意图

4 结束语

本文以 900 MHz 频谱重耕策略的研究和探索为目标,结合现网丰富的测试验证数据对重耕策略、网络规划、干扰抑制和排查等方面进行了分析阐述,总结了 900 MHz 频率重耕和网络规划的原则,并为后续 900 MHz 现网规模重耕提供有益的借鉴参考。

参考文献:

- [1] 刘佳. 5G 移动通信技术发展分析[J]. 科学与信息化, 2018(8): 43-44.
- [2] 赵小龙, 赵建霞, 王昕. 基于 MR 数据的维优规建一体化网络覆盖提升方案[J]. 邮电设计技术, 2020(5): 60-62.
- [3] 关皓, 杨凡, 孙静原, 等. 5G 无线接入网络部署的关键问题[J]. 邮电设计技术, 2018(11).
- [4] 龙青良, 张磊. 基于用户感知的 LTE 网络优化关键问题研究[J]. 邮电设计技术, 2014(10): 14-20.
- [5] 李盛善, 龚舒, 李吉鹏. 基于场景化价值评估的 5G 无线网规划[J]. 信息通信, 2020(2): 242-245.
- [6] 宋心刚, 张冬晨, 李行政, 等. 2.6 GHz 频段 5G 上行干扰分析与识别研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2021, 34(4): 74-81.

作者简介:

杨定楚, 毕业于武汉大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动通信新技术研究、无线网络规划设计工作; 李展, 毕业于华中科技大学, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络研究、规划和项目管理等工作; 詹伟, 毕业于北京工业大学, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络研究、规划和项目管理等工作。