

900 MHz 频段部署策略研究与实践

Research and Practice of 900 MHz Band Deployment Strategy

尹 岫,郭 宇,解 觐,蔡 凯(中国联通北京分公司,北京 100038)
Yin Shen,Guo Yu,Xie Zhi,Cai Kai(China Unicom Beijing Branch,Beijing 100038,China)

摘 要:

从KPI、覆盖、干扰等多角度洞察U900网络现状,从理论上分析了900 MHz频段优势,并通过测试对比了4种制式在覆盖能力、语音业务和数据业务上的感知差异;从共站信息、业务承载占比、站址密度、上行底噪等多个维度进行分析和评估,降低U900关闭对现网用户影响。深入挖掘900 MHz频段网络潜力,探索面向未来的900 MHz频谱演进和部署策略,制定了符合北京实际情况的900 MHz改造实施方案,为5G网络部署奠定了良好的基础。

关键词:

900 MHz;频率重耕;部署策略
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.12.004
文章编号:1007-3043(2019)12-0017-07
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:

From KPIs, coverage, interference and other perspectives to gain insight into the current status of the U900 network, it theoretically analyzes the advantages of 900 MHz, compares the perception differences of the four systems in coverage, voice service and data service through the test. It makes an analysis and evaluation from multiple dimensions such as shared-site information, service ratio, sites density, and uplink interference, aiming to minimize the impact of U900 shutdown on existing network users. The potential of 900 MHz band network is deeply explored, and the future-oriented 900 MHz spectrum evolution and deployment strategy are formulated. A 900 MHz retrofit implementation plan in line with Beijing's actual situation is formulated, which lays a solid foundation for 5G network.

Keywords:

900 MHz; Re-farming; Deployment strategy

引用格式:尹岫,郭宇,解觐,等. 900 MHz 频段部署策略研究与实践[J]. 邮电设计技术,2019(12):17-23.

1 概述

中国联通经过多年的网络建设目前已经拥有 GSM、WCDMA、LTE、NB-IoT 4 张网络,加上正在建设的 5G 网络,中国联通将同时拥有 5 张网络。多张网络的同时运营使网络的复杂度和运营成本不断攀升。随着用户需求的改变,越来越多的用户选择高速的 LTE 网络,GSM/UMTS 网络承载的语音和流量急剧减少,未来 GSM 将会退出历史舞台,对 900 MHz 频段的重耕利用将是大势所趋。

北京联通目前正在进行 5G 网络建设,VoLTE 将成为语音业务的主要承载方式。目前北京联通 LTE 网络使用的频段以 1 800 和 2 100 MHz 为主,已经形成覆盖和质量较好的数据网络,但在城区仍存在深度覆盖不足的问题,同时不限量套餐的迅猛发展使网络负荷日趋严重。900 MHz 频段的超强覆盖能力则可以用来解决深度覆盖、缓解 L1800/L2100 负荷过重问题。本文重点研究如何利用好 900 MHz 频率资源,在建设 L900 的同时减少 U900 退网对现网用户的影响。

2 900 MHz 频段网络现状

2.1 U900 KPI 指标

收稿日期:2019-10-09

将北京分为城区、郊区县城和郊区其他3类场景,与U2100制式对比,城区及郊区县城U900仅承担边缘深度覆盖话务,因此话务量绝对占比较低,分别为1.41%和2.39%。郊区其他U900仍承担相当部分广覆盖,话务量占比7.81%明显高于城区。由于覆盖、上行干扰等原因,U900的接通、掉话等KPI均明显低于U2100(见图1)。

2.2 U900 MR弱覆盖分析

目前LTE网络的CSFB策略为仅回落U2100第1载波(除了个别单U900站点小区),U2100仅在深度覆盖边缘向U900进行重选切换。从MR采样点统计分析,相比U2100,U900的RSCP分布在弱覆盖区域的比例明显高(见图2)。

由于U900用户上报的MR在一定程度上受互操

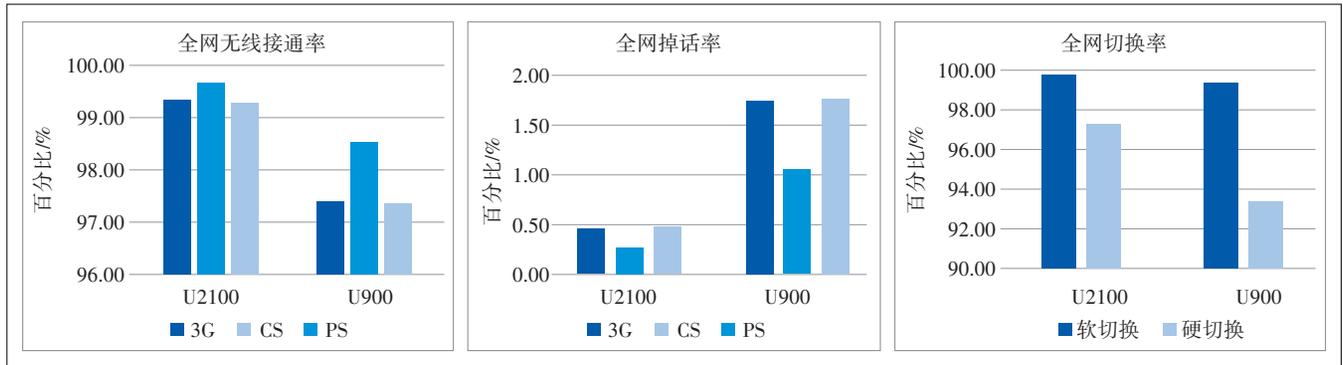


图1 U900与U2100 KPI对比

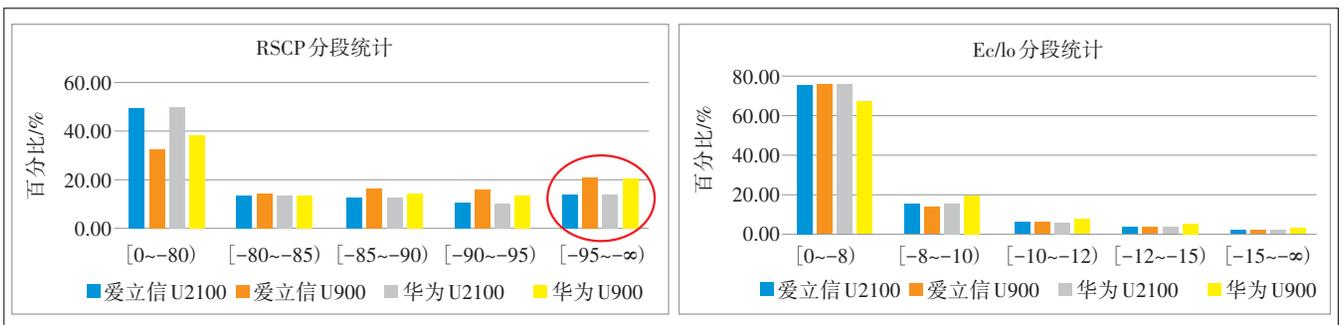


图2 MR RSCP和Ec/Io分段统计

作策略和基站参数设置的影响,在评估分析中不能忽视这些因素,因此对于900 MHz频段的分析不仅需要理论因素,还需要考虑现场干扰和用户感知等实际因素。

2.3 U900干扰评估

北京市区900 MHz频段干扰较严重,现网强干扰站点(RTWP>-90 dBm)的比例为46.72%,高干扰站点(RTWP>-105 dBm)比例接近80%,高干扰小区分布以城区为主,高干扰站点在城区、郊区县城、郊区其他的比例分别为73.78%、54.44%、30.37%。

3 L900性能理论分析

3.1 覆盖能力

在分析无线通信网络覆盖性能时,通常利用传播模型来计算空间的传播损耗。在不同的频率范围会

使用不同的传播模型。

对于900 MHz频段来说,可使用Hata-Okumura模型,其传播损耗公式如下:

$$L_b(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \lg f - 13.82 \lg h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \lg h_b) \times \lg d \quad (1)$$

对于1800 MHz频段适用于COST231 Hata模型,基本公式如下:

$$L_b(\text{dB}) = 46.3 + 33.9 \times \lg f - 13.82 \times \lg h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \times \lg h_b) \times \lg d + C_m \quad (2)$$

式中:

f ——频段(MHz)

h_b ——基站天线高度(m)

h_m ——手机UE高度(m),一般为1.5 m

h_m ——基站到UE的距离(km)

$\alpha(h_m)$ ——天线高度修正因子,取 $(1.1 \times \lg f - 0.7) \times$

$$h_m - (1.56 \times \lg f - 0.8)$$

C_m ——城市修正因子,中等城市及郊区取值为0 dB,大城市取值为3 dB

根据式(1)和(2),在相同的传播环境下,基站高度和手机终端天线高度的取值相同的情况下,在同一位置从理论上可以计算900 MHz相对于1 800 MHz频段的增益为 $L_b(900) - L_b(1 800) = 33.9 \times \lg 1 800 - 26.26 \times \lg 900 + C_m - 23.25$,可得在大城市的相对增益为12.5 dB,在中等城市和郊区的相对增益为9.5 dB。

在实际测试中,900 MHz相比1 800 MHz有7~10 dB的增益,如表1所示。900 MHz的信号强度在室外会比1 800 MHz高约7.3 dB,在室内高10.73 dB,在穿透损耗方面900 MHz比1 800 MHz低3.43 dB。

表1 不同频段和场景下的增益

参数	L900	L1800	频段增益
RS 功率/dBm	18.20	15.20	-
室外/dBm	-79.77	-90.07	7.30
室内/dBm	-87.07	-100.80	10.73
穿透损耗/dB	7.30	10.73	3.43

基于相同路损场景下的仿真结果显示,L900数据业务的覆盖距离最好、L900 VoLTE其次、U900最差。设置相同链路预算参数,制式与业务不同,覆盖半径也不同:U900<L900 VoLTE<L900 PS(见图3)。



图3 基于路损的仿真分析

3.2 容量分析

目前中国联通900 MHz频段只有6 MHz,重耕后LTE可使用带宽为5 MHz,共25个PRB,可支持小区下行吞吐率只有30 Mbit/s,和1 800 MHz频段的主要数据承载网来比较,差距较大,因此900 MHz频段将不作为数据业务的主力承载,更多地作为数据业务底层网。同时如果900 MHz作为VoLTE承载网络,最高可以支持128个用户,容量还是比较大的(见表2)。

4 L900 测试结果

为充分了解U2100、U900、L1800、L900网络覆盖能力以及语音业务感知差异和数据业务感知差异,进行了业务测试。

表2 不同LTE带宽下速率和支持用户数

LTE 带宽/MHz	PRB 个数	下行峰值速率/(Mbit/s)	上行峰值速率/(Mbit/s)	VoLTE 用户数
3	10	15	5	76
5	25	30	10	128
10	50	60	20	256

4.1 测试内容

测试内容分为单站覆盖性能测试、单站语音性能测试和单站数据性能测试3项。现网900 MHz普遍存在干扰,因此将U900站点干扰值划分为4档:-105 dB以下(无干扰),-95 dB,-85 dB,-75 dB。每项业务测试涉及以下场景:

- a) U900 -75 dBm/-85 dBm/-95 dBm/-105 dBm 干扰场景。
- b) U2100场景。
- c) L1800场景。
- d) L900 -75 dBm/-85 dBm/-95 dBm/-105 dBm 干扰场景。

测试站点选择:根据北京网络覆盖场景,选择共天馈、无预置下倾角、电子下倾相同、机械下倾相同且其他条件合适的U2100、U900、L900、L1800站点(见表3)。

表3 北京本地4个测试场景

场景	干扰情况	场景	干扰情况
场景1	无干扰(-105)	场景3	中等干扰(-85)
场景2	轻微干扰(-95)	场景4	严重干扰(-75)

4.2 测试结果

由于篇幅原因,此处仅列举单站语音性能测试的内容。

L900 VoLTE的语音质量在不同干扰水平下,均略优于U900传统语音。

4.2.1 场景1——900 MHz 无干扰(-105 dBm)

语音MOS:相同距离下,L900与L1800的MOS值相当,且均高于U900,U2100最差(见表4)。

4.2.2 场景2——900 MHz 低干扰(-94 dBm)拉远测试

语音MOS:相同距离下,L900均高于3G,U2100最差;MOS满足3.0的覆盖距离L900好于U900,U2100最差;L1800和U2100在近点正常切出(见表5)。

4.2.3 场景3——900 MHz 高干扰(-85 dBm)拉远测试

语音MOS:U900边缘上行受限,L900在836 m时发生掉话,MOS满足3.0的覆盖距离L900好于U900,

表4 无干扰(-105 dBm)不同制式语音 MOS 对比

制式	最远覆盖距离/m	不同覆盖距离下的 MOS 值			
		300 m	500 m	800 m	1 000 m
U900	1 624	4.00	3.95	3.60	3.2
U2100	1 200	3.68	3.60	3.47	3.33
L900	1 200	4.15	4.07	3.60	3.00
L1800	1 100	4.08	4.00	3.80	3.60

表5 低干扰(-94 dBm)不同制式语音 MOS 对比

制式	最远覆盖距离/m	不同覆盖距离下的 MOS 值			
		300 m	500 m	800 m	1 000 m
U900	1 432	3.85	3.81	3.60	3.00
U2100	300	3.50	正常切出	正常切出	正常切出
L900	864	4.03	4.14	3.63	正常切出
L1800	250	正常切出	正常切出	正常切出	正常切出

U2100 最差; L1800 和 U2100 较早切出不做对比(见表6)。

表6 高干扰(-85 dBm)不同制式语音 MOS 对比

制式	最远覆盖距离/m	不同覆盖距离下的 MOS 值			
		300 m	500 m	800 m	1 000 m
U900	1 290	3.89	3.80	3.40	2.60
U2100	325	3.25	正常切出	正常切出	正常切出
L900	836	4.00	4.01	3.77	正常切出
L1800	300	3.90	正常切出	正常切出	正常切出

4.2.4 场景4——900 MHz 强干扰(-70 dBm)拉远测试
语音 MOS: 相同距离下, L1800 和 L900 MHz MOS 值最好, 900 MHz 边缘上行受限, MOS 满足 3.0 的覆盖距离 L900 优于 U900(见表7)。

表7 强干扰(-70 dBm)不同制式语音 MOS 对比

制式	最远覆盖距离/m	不同覆盖距离下的 MOS 值			
		300 m	500 m	800 m	1 000 m
U900	1 080	3.91	3.80	2.84	1.41
U2100	600	4.03	4.11	4.24	正常切出
L900	840	4.19	4.14	3.15	1.52
L1800	600	4.22	4.23	4.00	正常切出

本次 L900 测试站是将现网 U900 改造, 即将 U900 站点数据配置成 L900, 未关闭周边 U900 站点情况下测试。由于设备不具备锁小区功能, 在不允许关闭周边同频站点情况下, 通过参数控制切换, 覆盖边缘终端正常切出, 因此部分场景不包含最远点数据对比。

5 L900 改造方案研究

经过对北京联通现网 900 MHz 频段现状进行多维

度的评估分析, 对频谱资源进行了量化评估, 充分考虑与异频同系统网络、异频异系统网络的协同作用, 最后规划 L900 网络部署策略和互操作策略, 深入挖掘 900 MHz 频段网络潜力, 反向支撑网络建设投资和市場业务导向。

5.1 改造范围划定

应避免拆除 U900 站点影响 3G 的语音和 4G CSFB 业务, 尽量选择 U900 共站存在 U2100 的站点实施。六环内共站 U900 站点密度相对较高, 六环外非共站 U900 站点较多, 尤其是北部。非共站 U900 话务量高于 30 Erl 站点相对较少, 非共站 U900 与 U2100 站间距大于 1 km 的 U900 站点主要集中在六环外, 五六环间少量。因此确定六环内是 L900 改造主要区域范围, 尽量选择连片区域实施。

根据 U900 站点密度(站数/km²)和连片区域来作为划分 L900 改造依据, 包括五环内区域、五环至六环之间区域、六环外区域。实施区域包括五环内区域(基站密度 2.1)、五环至六环之间区域(基站密度 1.1)、六环外区域(基站密度 0.8 的区域)。

U900 与 U2100 共站比例: 实施区域 U900 与 U2100 共站比例较高(达 72.73%), 非实施区域较低, 共站比例在 28.91%。

U900 底噪情况: 实施区域 U900 高底噪站点比例较高, 其中大于 -95 dBm 比例达到 83%, 而非实施区域 U900 高底噪比例在 32%(见表8)。

表8 U900 底噪情况分布

U900 底噪情况	(-120, -105)	(-105, -95)	(-95, -85)	(-85, -75)	(-75, 0)	总计
非实施区域	806	784	477	199	65	2 331
实施区域	212	310	1 242	1 011	368	3 143

5.2 实施方案

基于以上对 900 MHz 频段的评估和分析, 对多场景、多制式的覆盖和业务评估以及对 U900 话务量、非共站 U900 距周边 U2100 距离的评估, 且从 U900 共站情况、站间距、干扰水平、覆盖连片等多个角度考虑, 最终绘制了 L900 改造范围。

改造范围基本以六环为界, 共涉及站点 3 042 个, 其中 1 841 个站通过软件可直接开通 L900, 704 个站需要进行板卡替换, 496 个为搬迁新建站点(见图4)。

为避免同频干扰, L900 改造区域内的 G900 站点, 以及改造区域周边 3 km 范围内的 G900 站点需要退网; 对改造区域周边 2 km 范围内的 U900 站点进行关

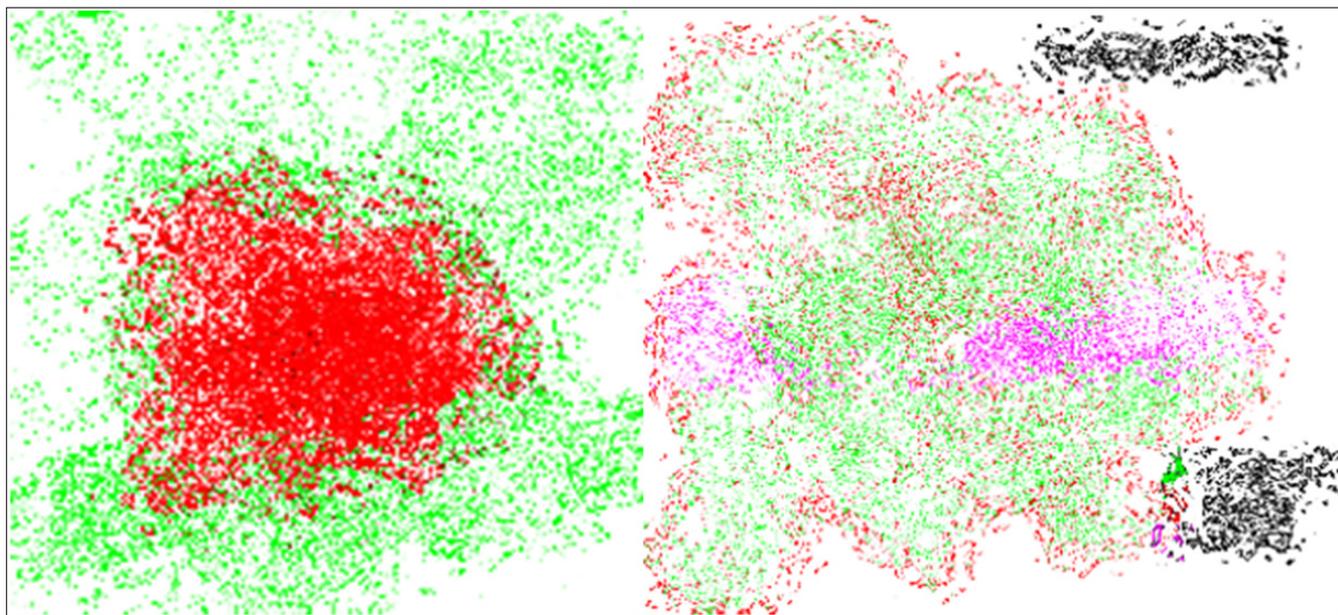


图4 全网整体L900改造范围

闭;对改造区域内的NB-IoT 900 MHz 站点进行翻频,频点由 3743 变更为 3798。

GSM、L900 保护带:改造区域内 46 个 G900 站点,改造区域周边 3 km 范围内 28 个 G900 站点,共 74 个 G900 站点需要退网(见图 5)。

U900、L900 保护带:L900 改造区域周边 2 km 范围内 179 个 U900 站点需要关闭(见图 6)。

5.3 互操作策略方案

部署 L900 网络后,LTE 整体策略为 L1800/L2100 主力承载,L900 为市区深度覆盖和近郊广覆盖。

对部署后的 VoLTE/数据切换门限采取差异化设

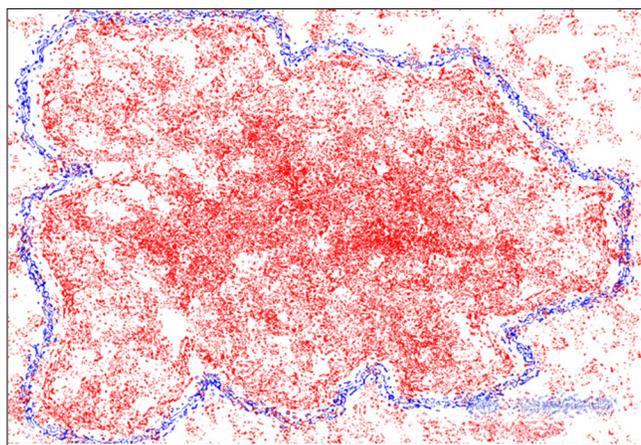


图6 U900、L900保护带

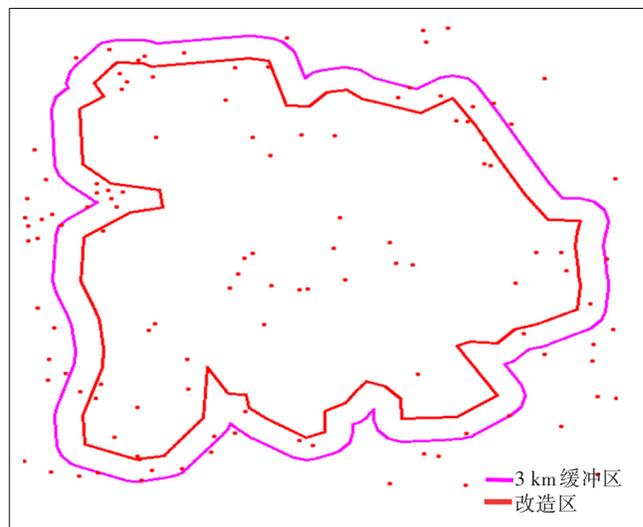


图5 GSM、L900保护带

置:

a) 空闲态:重选优先级 $L1800/2100=L900 > UMTS$,频点重选优先级从高到低依次设置为 6、6、4。

b) 连接态:L900 异频切换至 L1800/2100 采用 A2+A4 事件,L1800/2100 异频切换至 L900 采用 A2+A5 事件。

c) 系统间互操作策略数据采用重定向,语音采用 eSRVCC,并采取 FAST RETURN 和多点触发的数据业务重定向。

图 7 为互操作策略示意图及相关门限。

互操作参数如表 9 所示。

5.4 频谱演进方案

目前北京联通现网使用频段范围 954.1~959.9 共

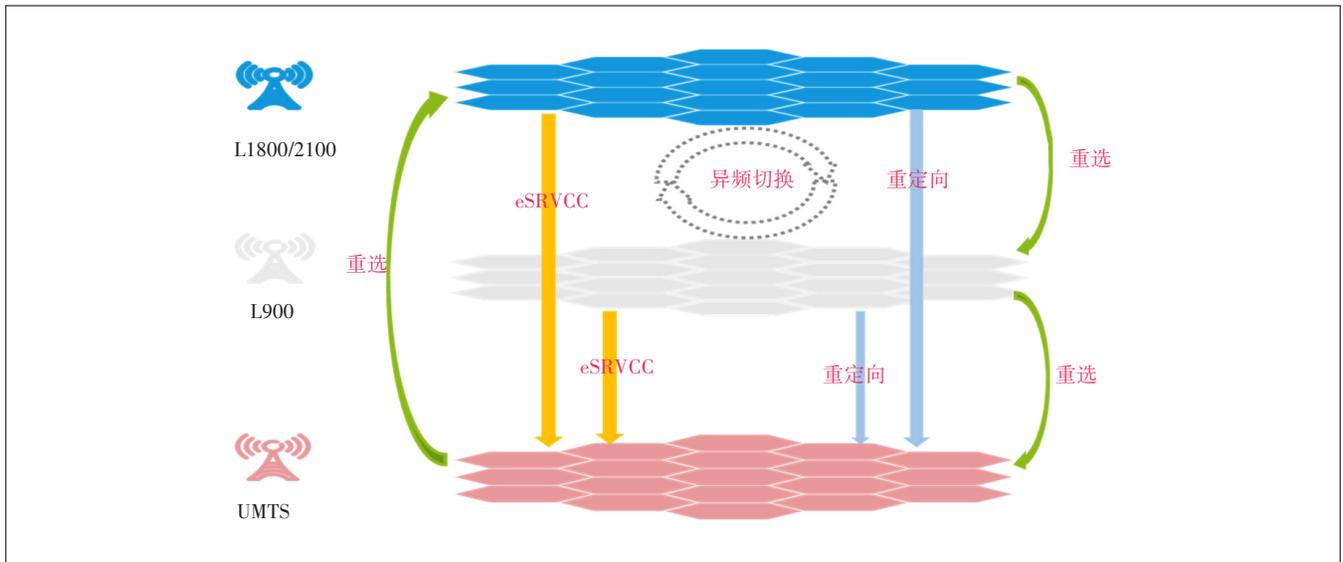


图7 互操作策略示意图

表9 互操作参数参考值

状态	业务方向	触发条件
空闲态	L1800/2100→L900	主小区电平 - 邻区电平 < -2 dB
	L900→L1800/2100	主小区电平 - 邻区电平 < -12 dB
	L900→UMTS	主小区电平 < -118 dBm 且 邻区电平 > -104 dBm
	UMTS→L900	邻区电平 > -116 dBm
连接态	L1800/2100→L900	主小区电平 < -116 dBm 且 邻区电平 > -108 dBm
	L900→L1800/2100	主小区电平 < -76 dBm 且 邻区电平 > -108 dBm
	L900→UMTS	主小区电平 < -125 dBm
	UMTS→L900	邻区电平 > -116 dBm

5.8 MHz, U900、G900、NB-IoT 3 种制式使用, 开通 L900 5 MHz, 需要退 U900、G900; NB 频点规划在 900 MHz 频段低频区, 改造前需将 NB900 频点由 3743 变更为 3798, 并预留 400 kHz 为后续 NB900 异频组网留出空间。L900 暂为 5 MHz 带宽, 后续移动移交低频 5 MHz 后可演进至 10 MHz 带宽。

5.5 L900 改造实施

实施原则: 分批锁闭、观察投诉、分批实施(见图 8)。

2019年5月17日凌晨开通50个L900站点(149个小区), 中午11:00解锁。对开通前后区域整体指标进行监控, 区域涉及L1800/L2100小区1872个, L900小区149个。

L900指标相比L1800/L2100较差, 同频切换成功率为95%左右, 接通率为99%, 掉话率为1%, 平均底噪为-95 dBm, 后续考虑根据不同干扰强度制定差异化互操作策略进行优化(见表10)。

6 结束语

本文从KPI、覆盖、干扰等多角度洞察U900网络现状, 从理论上分析900 MHz频段优势, 并通过测试对900 MHz网络的3种业务、10类场景进行对比分析, 充分掌握4种制式在覆盖能力、语音业务和数据业务上

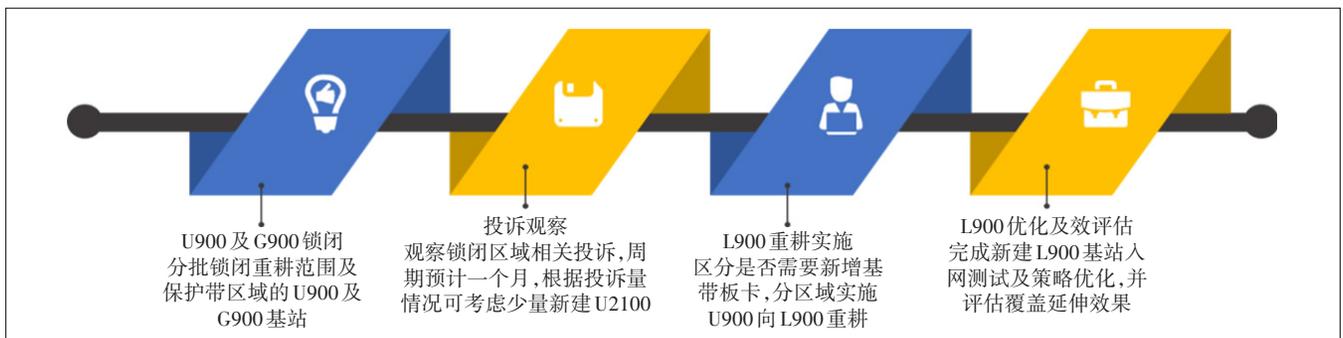


图8 北京联通 L900 改造流程图

表 10 L900 改造前后指标对比

时间	频段	指标								
		RRC 连接成功率/%	eRAB 连接成功率/%	无线接通率/%	切换成功率/%	同频切换成功率/%	异频切换成功率/%	CSFB 连接成功率/%	底噪/dBm	无线掉线率/%
2019/5/10 12:00	L1800/L2100	99.72	99.72	99.45	99.76	99.78	99.63	99.80	-110.34	0.22
2019/5/10 13:00	L1800/L2100	99.80	99.76	99.56	99.79	99.80	99.67	99.88	-110.57	0.19
2019/5/11 12:00	L1800/L2100	99.77	99.74	99.51	99.77	99.78	99.68	99.85	-110.81	0.22
2019/5/11 13:00	L1800/L2100	99.80	99.77	99.58	99.77	99.77	99.72	99.87	-110.90	0.20
2019/5/12 12:00	L1800/L2100	99.76	99.73	99.49	99.77	99.78	99.66	99.84	-110.81	0.21
2019/5/12 13:00	L1800/L2100	99.79	99.75	99.54	99.79	99.80	99.67	99.83	-110.81	0.20
2019/5/13 12:00	L1800/L2100	99.73	99.72	99.45	99.77	99.78	99.63	99.86	-110.55	0.23
2019/5/13 13:00	L1800/L2100	99.80	99.79	99.59	99.78	99.80	99.63	99.89	-110.65	0.19
2019/5/14 12:00	L1800/L2100	99.73	99.70	99.43	99.75	99.77	99.57	99.84	-110.26	0.23
2019/5/14 13:00	L1800/L2100	99.81	99.78	99.6	99.78	99.80	99.63	99.89	-110.49	0.19
2019/5/15 12:00	L1800/L2100	99.73	99.74	99.47	99.76	99.78	99.60	99.83	-110.32	0.22
2019/5/15 13:00	L1800/L2100	99.82	99.81	99.63	99.80	99.81	99.64	99.86	-110.55	0.18
2019/5/16 12:00	L1800/L2100	99.73	99.72	99.45	99.75	99.76	99.61	99.83	-110.57	0.23
2019/5/16 13:00	L1800/L2100	99.80	99.80	99.6	99.78	99.79	99.63	99.86	-110.73	0.19
2019/5/17 12:00	L1800/L2100	99.81	99.78	99.59	99.77	99.79	99.62	99.85	-110.67	0.22
2019/5/17 13:00	L1800/L2100	99.86	99.85	99.71	99.80	99.81	99.71	99.87	-110.84	0.18
2019/5/17 12:00	L900	99.60	99.11	98.71	98.84	96.93	99.72	99.52	-95.98	1.15
2019/5/17 13:00	L900	99.59	99.33	98.92	98.74	95.91	99.77	99.86	-96.06	0.96
2019/5/17 12:00	L900/L1800/L2100	99.80	99.76	99.55	99.75	99.76	99.64	99.84	-109.58	0.24
2019/5/17 13:00	L900/L1800/L2100	99.85	99.83	99.68	99.78	99.78	99.72	99.87	-109.95	0.19

的感知差异;从共站信息、业务承载占比、站址密度、上行底噪等多个维度进行分析和评估,降低 U900 关闭对现网用户影响。对频谱资源进行量化评估、整合优化和重耕,深入挖掘 900 MHz 频段网络潜力,探索面向未来的 900 MHz 频谱演进和部署策略,制定了符合北京联通实际情况的 900 MHz 改造实施方案,“分批锁闭、观察投诉、分批实施”,在研究与实践中积累的大量语音、容量分析和方法论经验,也为即将开展的 5G 网络部署奠定了良好的基础。

北京联通始终秉承“用户至上”的发展理念,L900 网络的建设为中国联通带来一张面向未来演进的低频段底层网,更好地服务于用户业务,后续可演进至 10 MHz 带宽。900 MHz 频段演进方案的逐步实施将大幅提升中国联通 4G 网络覆盖能力,有效缓解现网 4G 网络负荷。

参考文献:

[1] JANG K, HAN M, CHO S, et al. 3G and 3.5 G Wireless Network Performance Measured from Moving Cars and High-Speed Trains [C]// 2009.
[2] PROKKOLA J, HANSKI M, JURVANSUU M, et al. Measuring WCD-

MA and HSDPA delay characteristics with QoSMeT[C]// 2007.
[3] 3GPP R1-082616 Technical proposal for LTE-Advanced [EB/OL]. [2019-08-23]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
[4] 陈力, 陈文文, 张欣, 等. 无线网络中基于效用函数的资源分配方案[J]. 北京邮电大学学报, 2010(6): 58-63.
[5] SADR S, ANPALAGAN A, RAAHEMIFAR K. Radio Resource Allocation Algorithms for the Downlink of Multiuser OFDM Communication Systems [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2009, 11(3): 92-106.
[6] 同钊. LTE-Advanced 系统中无线资源分配技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2015.
[7] KOUTSIMANIS. A Dynamic Resource Allocation Scheme for Guaranteed Bit Rate Services in OFDMA Networks [C]// IEEE International Conference on Communications. IEEE, 2008.
[8] RAPPAPORT T S. Wireless Communications: Principles and Practice [M]. Second Edition. Prentice Hall PTR, 1996.

作者简介:

尹岫, 毕业于北京邮电大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事 5G、LTE、NB-IoT、人工智能网络应用及核心网网络优化研究工作; 郭宇, 毕业于英国萨里大学, 高级工程师, 博士, 主要从事 5G、LTE、NB-IoT、人工智能网络应用及核心网网络优化研究工作; 解解, 毕业于北京邮电大学, 高级工程师, 博士, 主要从事 5G、LTE、NB-IoT、人工智能网络应用及核心网网络优化研究工作; 蔡凯, 毕业于厦门大学, 高级工程师, 学士, 主要从事 5G、LTE、NB-IoT、人工智能网络应用及核心网网络优化研究工作。