



700 MHz 频段 5G 网络性能分析与建设方案建议

范培全¹, 魏爱玲¹, 张冬晨², 李行政²

(1. 中国移动通信集团新疆有限公司, 新疆 乌鲁木齐 844900;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 5G 网络开启移动互联网的新阶段, 有力推动工业自动化与社会发展。为了更好地促进 5G 网络的建设与发展, 对 700 MHz 频段应用于 5G 网络的需求进行分析, 并基于外场实地测试的技术结论对中国移动 700 MHz 频段 5G 网络组网与建设方案进行探讨, 指导 5G 基站部署及天线参数配置。

关键词: 5G; 700 MHz 频段; 网络建设

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022091

Performance analysis and construction scheme proposal of 5G network at 700 MHz band

FAN Peiquan¹, WEI Ailing¹, ZHANG Dongchen², LI Xingzheng²

1. China Mobile Group Xinjiang Co., Ltd., Urumqi 844900, China

2. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: 5G network opens a new stage of mobile Internet and effectively promotes industrial automation and social development. In order to promote the construction and development of 5G network, the demand of 700 MHz band applied to 5G network was analyzed, took the lead in organizing field test and detailed analysis, 700 MHz 5G network construction scheme based on the test result was discussed, so as to guide 5G base station deployment and antenna parameter configuration.

Key words: 5G, 700 MHz band, network construction

0 引言

目前中国移动 5G 网络主要使用 2.6 GHz 和 4.9 GHz 频段, 由于频率高、穿透损耗大, 直接与 4G 宏基站共址建设时, 在密集城区将可能存在大量弱覆盖或无覆盖区域。同时, 对于农村、乡镇等场景, 因为上述两个频段频率较高、传播损耗较大,

必须建设大量 5G 基站才能实现广域连续覆盖^[1-2]。

2021 年年初, 中国移动与中国广电在北京签署“5G 战略”合作协议, 拉开了 5G 700 MHz 网络共建共享的序幕。700 MHz 频段具有传播损耗低、穿透能力强等优势, 可以大幅降低 5G 网络的建设成本, 有助于快速建设一张广覆盖 5G 网络^[3-5]。充分发挥 700 MHz 低频段的覆盖优势及 2.6 GHz/4.9 GHz

高频段的大带宽优势,采用“700 MHz+2.6 GHz+4.9 GHz”的5G融合组网方案,是提升中国移动5G网络覆盖与容量的有效手段。但是,国内对700 MHz频段5G网络的组网性能指标还处于理论分析与计算机仿真阶段,缺少实测数据,亟须组织外场测试验证指导多频段融合组网建设工作。因此,本文首先开展700 MHz频段5G网络建设的需求分析,而后制定详细的测试用例对700 MHz频段的广域覆盖、上下行峰值速率、穿透性能等进行测试验证,最后基于测试结果探讨中国移动5G基站部署方案与700 MHz天线配置建议。

1 700 MHz 频段 5G 建设需求

5G技术是移动互联网和物联网的重要载体,将广泛应用于智慧家庭、远程医疗、远程教育、工业制造等领域。依据市场研究公司ABI Research发布的报告,4G时代80%的流量发生在室内,因此在5G网络建设阶段要充分考虑室内应用需求,在室内场景达到高速率、低时延、高可靠的目标。在某地热点区域开展MR(measurement report)覆盖统计分析发现,当仅使用2.6 GHz频段与4G共站址建设5G基站时,该地区MR覆盖电平低于-95 dBm的采样点占比高于10%,这将会导致部分5G终端的业务仍由4G网络承载,严重影响5G用户感知。进一步分析发现,由于2.6 GHz频段频率较高,单独通过2.6 GHz频段5G宏基站很难实现较好的室内深度覆盖,而大规模建设5G室内分布式系统投资高、物业协调难度大。因此,为实现5G独立组网的建设需求,应当重点提升宏蜂窝基站覆盖能力,实现室内深度覆盖。

另一方面,对广大农村区域,通过传播模型定量分析发现,为达到与900 MHz频段4G网络相同的覆盖能力,农村地区需要增加数倍2.6 GHz频段5G基站,而农村区域投资收益率低,进行大规模5G网络建设成本将无法收回。因此,如果没有低频段用于农村区域5G网络建设,运营商农村

区域5G网络的建设进度将大大减缓,从而农村与城市间的“数字鸿沟”进一步拉大。

结合上述分析可知,为满足5G网络深度覆盖和农村广域覆盖需求,引入低频段的混合组网策略是5G网络建设的最佳选择。在多方努力下,中国移动已经与中国广电签署5G共建共享合作框架协议,基于“平等自愿,共建共享,合作共赢,优势互补”的总体原则,开展5G共建共享以及内容和平台合作^[6]。

2 700 MHz 频段 5G 性能测试

2.1 700 MHz 覆盖性能

700 MHz的广域覆盖性能是制定宏基站组网规划和建设方案的关键,本文采用拉远测试的方法对典型广域场景5G 700 MHz基站的覆盖能力进行研究。基站配置基本参数如图1所示,测试场景为空旷环境,周边无高层建筑遮挡。

在图1典型参数配置下的实测数据显示,信号覆盖强度随测试线路的远离而衰减,在RSRP(reference signal receiving power)为-110 dBm时,700 MHz频段的拉远测试距离达到了7.1 km,边缘下载速率为30.3 Mbit/s,边缘上传速率为5.2 Mbit/s,广域覆盖距离远高于2.6 GHz频段。

为了更好地指导700 MHz频段5G网络建设工作,本文进一步对不同挂高、功率和加扰的700 MHz频段5G覆盖能力进行详细测试与对比分析,其中,天线高度选择48 m/30 m两种挂高,发射功率选择240 W/160 W两种配置,下行加扰方式选择空扰/50%加扰两种场景。

在上行边缘速率为3 Mbit/s时,对应的覆盖距离和下行速率对比结果如图2所示。在天线高度方面,48 m挂高较30 m挂高覆盖距离增长2 153 m,但下行速率无明显增益;在抗干扰方面,加扰50%与无加扰相比,覆盖距离和速率都有下降明显,覆盖距离收缩841 m、下行速率降低约46.9%;小区功率设置240 W时覆盖距离7 815 m,较功率设置



图1 基站配置基本参数

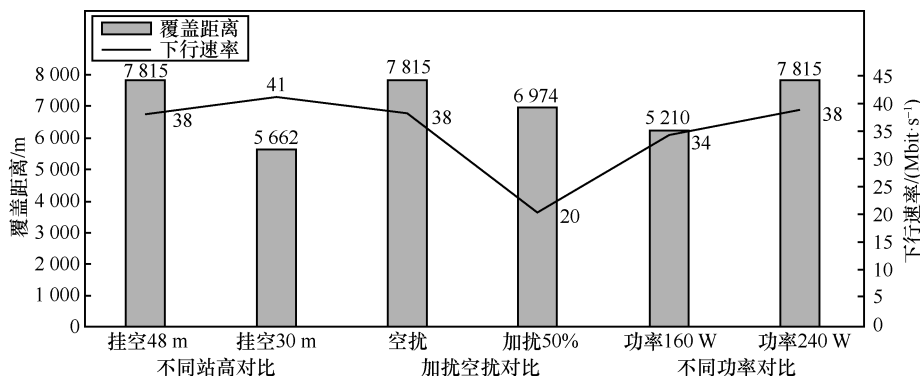


图2 不同场景下覆盖距离和下行速率对比结果

160 W 时覆盖距离增长 1 605 m。通过实测数据分析可以看出, 700 MHz 广域覆盖能力较强, 但干扰因素对 700 MHz 性能影响较大, 因此在 700 MHz 网络建设时, 应重点关注其超远覆盖带来的网内同频干扰问题, 尽量降低网内干扰对网络性能的影响。

2.2 700 MHz 峰值速率

700 MHz 频段上下行峰值速率是支撑网络容量规划的关键。本文在某地市选择无电磁环境干扰区域建设 5G 实验站点开展峰值速率测试研究, 主测小区的天线挂高、方位角、下倾角、功率等参数配置见表 1。

表 1 峰值速率测试站点配置情况

站点	挂高	方位角	下倾角	功率	带宽
室外宏蜂窝	22 m	140°	6°	240 W	20 MHz/ 30 MHz

根据理论分析, 在 700 MHz 频段小区采用

2×30 MHz 带宽、4T4R 天线配置时, 单用户上、下行峰值速率分别为 179 Mbit/s 和 348 Mbit/s, 实际测试 700 MHz 频段 5G 小区的单用户下行峰值速率可达 340 Mbit/s, 上行峰值速率可达 174 Mbit/s, 实测结果略小于理论计算值, 符合研究预期。同时, 本文对 2×20 MHz 频率配置时的上下行峰值速率进行了测试分析, 实测结果显示在 2×20 MHz 带宽配置的下行峰值速率可达 220 Mbit/s, 上行峰值速率可达 117 Mbit/s, 相比 2×30 MHz 带宽配置均下降 35%左右, 但与上下行理论峰值速率 119 Mbit/s、232 Mbit/s 相比基本相符, 具体上下行峰值速率测试结果见表 2。

通过峰值速率测试分析可以看出, 相比于 4G 网络, 700 MHz 5G 网络采用 2×20 MHz 或 2×30 MHz 带宽配置均能获得较好的上下行峰值速率, 可以为用户提供更好的数据业务体验。但是,

表2 峰值速率测试结果

带宽配置	下行峰值速率-实测/ (Mbit·s ⁻¹)	下行峰值速率-理论/ (Mbit·s ⁻¹)	上行峰值速率-实测/ (Mbit·s ⁻¹)	上行峰值速率-理论/ (Mbit·s ⁻¹)	测试终端
FDD 2×30 MHz	342	348	174	179	Mate 40 Pro
FDD 2×20 MHz	220	232	117	119	Mate 40 Pro

700 MHz 带宽较窄, 相比 2.6 GHz 频段 5G 网络下行峰值速率劣势明显 (与 2.6 GHz 频段 5G 网络的下行峰值速率实测值相比下降 60% 以上), 因此在用户密集的高业务量区域建议使用 2.6 GHz 频段进行容量层的连续覆盖。另外, 700 MHz 频段 5G 网络采用频分双工 (frequency division duplexing, FDD) 制式, 与 2.6 GHz 频段的 TDD 制式相比, 上行为全时隙传输, 可应用于上行大带宽传输的业务场景。

2.3 700 MHz 穿透能力

700 MHz 频段良好的穿透能力有望为 5G 网络室内深度覆盖提供切实可行的解决方案。本文穿透能力测试选择距离主测小区 200 m 的 4 层矮楼, 该楼一般墙体厚度约为 20 cm, 且楼内包括其他材质的墙体与门窗, 方便进行多场景穿透性能对比测试, 穿透能力测试环境示意图如图 3 所示。

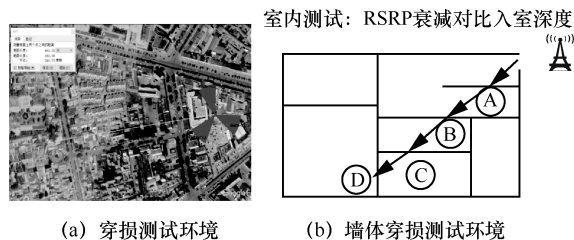


图3 穿透能力测试环境示意图

为了保证测试结果能有效指导网络的部署与建设, 不同频段的穿透能力测试在同等条件进行。在图3中A、B、C、D点分别进行穿透能力测试, 经过多轮次、多点位测试, 统计均值显示 700 MHz 频段墙体损耗约为 9.5 dB, 且相比其他频段穿透性能优势明显: 700 MHz 频段相比 1.8 GHz 穿透损耗低约 4.2 dB, 相比 2.6 GHz 频段穿透损耗低约 7 dB, 相比 3.5 GHz 频段穿透损耗低 10.5 dB。不同频段墙体穿透损耗如图4所示。

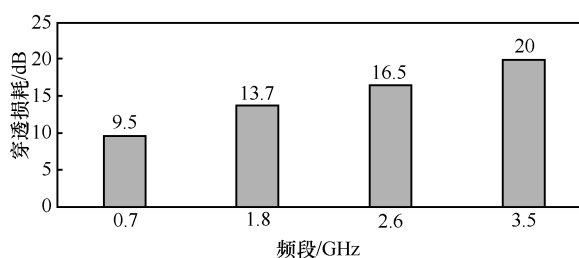


图4 不同频段墙体穿透损耗

除一般墙体穿透损耗测试外, 本文用 700 MHz、1.8 GHz、2.6 GHz 频段信号对不同材质门窗、墙体的穿透损耗进行了测试对比分析, 具体结果见表3。分析发现, 700 MHz 频段对不同墙体、不同材质门窗的穿透损耗相比于 2.6 GHz 频段至少有 3 dB 以上的增益, 而在防盗门、防火门、地下通道等场景穿透损耗优势更为明显, 有近 10 dB 的增益。

考虑后续中国移动 700 MHz 频段 5G 基站的建设将主要依托于目前 900 MHz 频段 4G 基站, 本文分别选择别墅群、低层楼宇、自建房等区域开展 700 MHz 频段与 900 MHz 频段的穿透损耗对比测试。穿透能力对比如图5所示。分析结果看出, 相比于 900 MHz 频段, 700 MHz 频段的穿透性能在以上3种场景均有 3 dB 以上的优势, 如在底层楼宇场景 700 MHz 频段的穿透损耗为 9.09 dB, 而 900 MHz 频段的穿透损耗为 12.81 dB。

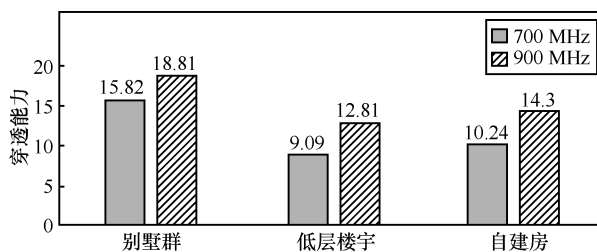


图5 700 MHz 频段与 900 MHz 频段穿透能力对比

对 700 MHz 频段穿透能力测试与分析发现, 其



表 3 不同墙体、门穿透损耗 (单位为 dB)

频段	防盗门	木门	玻璃门	铝合金门	防火门	单层一般墙体	彩钢墙体	地下通道
700 MHz	8.8	2.9	2.6	6	12.4	6	7.3	15.7
1.8 GHz	14.8	6.1	4.7	12.3	17.7	11.5	11.3	20.8
2.6 GHz	16.5	6.8	5.6	13.1	19.9	12.7	12.7	24.5

相比 2.6 GHz 频段穿透性能优势十分明显, 非常适用于密集城区、一般城区、农村等区域的室内深度覆盖场景。同时, 在后续 700 MHz 频段的建设过程中, 可基于目前已有的 900 MHz 频段 4G 站点快速建设一张连续、满足室内深度覆盖要求的 5G 网络, 从而保障用户基础 5G 服务或 VoNR 服务。

2.4 700 MHz 频段 VoNR 业务能力

700 MHz 频段 5G 网络的广域覆盖与深度覆盖优势将有力促进 VoNR 业务的商用进程, 为了支撑 700 MHz 频段面向 VoNR 业务的网络规划工作, 本文对 700 MHz 频段 VoNR 业务呼叫发起门限 (起呼门限) 开展测试研究。

在测试过程中, 两部手机分别安放在 700 MHz 频段 5G 网络覆盖边缘区域和覆盖中心区域, 覆盖边缘区域的终端通过 VoNR 拨打中心区域的 VoNR 终端, 研究拨打的 VoNR 成功率为 100% 和 95% 对应的 RSRP 和 SINR 门限值, 测试结果见表 4。

表 4 不同接通率条件下 VoNR 起呼门限

VoNR 成功率	RSRP/dBm	SINR/dB
100%	-110.94	0.02
95%	-114.7	0.49
0%	-118	0.13

从测试结果可以看出, VoNR 业务接通率 95% 对应的 RSRP 值为 -114.7 dBm, 对应的 SINR 为 0.49 dB; 相比之下 VoNR 业务接通率 100% 对应的 RSRP 值为 -110.94 dBm, 对应的 SINR 为 0.02 dB; 而在 RSRP 值为 -118 dBm 且 SINR 为 0.13 dB 时, VoNR 业务的接通率下降至 0%。

基于以上测试结果, 在 5G 网络 700 MHz 频段覆盖良好区域语音建议采用 VoNR, 而当起呼成功率低于 95% 时设置禁止 VoNR 起呼, 通过 EPS FB

(evolved packet system fallback) 回落至 4G 网络进行 VoLTE, 因此建议终端用 700 MHz 频段 5G 网络时, 当 RSRP 小于 -114 dBm 时禁止 VoNR 起呼, 通过 EPS 回落 4G 发起 VoLTE 业务, 从而保障语音业务质量。

3 700 MHz 频段组网与建设方案建议

700 MHz 频段的引入为解决现有 5G 网络广域覆盖和深度覆盖能力不足的问题提供了频率基础^[7]。本文基于 700 MHz 频段测试结论和 2.6 GHz 及 4.9 GHz 频段 5G 网络特点, 对 700 MHz 频段 5G 网络组网和建设方案提出建议。

3.1 700 MHz 频段 5G 网络定位

对于城区、县城或重点乡镇区域, 用户相对集中对数据速率及 VoNR 服务均有较高的质量要求, 因此需要在保证连续覆盖和深度覆盖的基础上, 提供大容量数据业务服务。基于以上考虑, 建议在上述场景实现 700 MHz 和 2.6 GHz 频段 5G 小区的连续覆盖, 700 MHz 作为底层网络提供广覆盖能力并保障 VoNR 业务质量, 2.6 GHz 频段用于提供大容量数据业务, 4.9 GHz 频段则按需进行城市热点区域容量补充或垂直行业 5G 专网建设。对于地域广阔的农村区域, 建议 700 MHz 频段在用户集中的区域提供连续覆盖及深度覆盖能力, 2.6 GHz 频段根据业务发展情况仅在热点区域进行建设, 4.9 GHz 频段只针对垂直行业应用区域进行 5G 专网建设。5G 多频组网覆盖如图 6 所示。

3.2 700 MHz 频段 5G 网络建站建议

基于 700 MHz 频段在 5G 多频组网中的定位, 在建设初期, 合理配置天线挂高、方位角、下倾角^[8-9], 最大化保证 700 MHz 网络效率, 保证网络覆盖结构、控制网络干扰的重要途径。本文基于

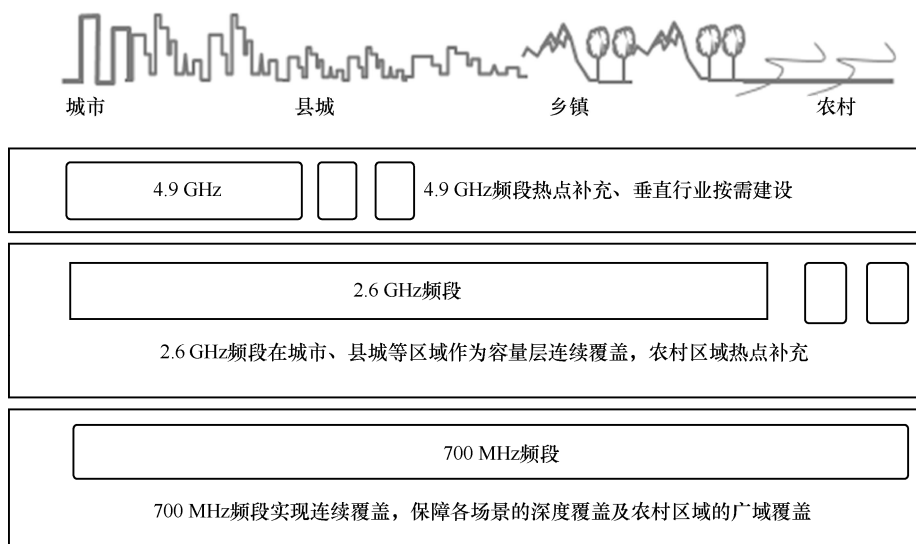


图6 5G多频组网覆盖

测试结果及网络建设优化经验, 提出 700 MHz 频段 5G 网络天馈建设建议。

- 天线挂高: 县城和城区天线挂高应高于周围建筑平均高度 3 m 以上, 建议挂高在 28~35 m; 农村区域天线挂高建议在 38 m 以上, 需要局部重点保障覆盖的区域可采用拉远方式。
- 天线方向角: 方位角根据业务量分布情况做调整, 主覆盖方向、信号好点在用户最密集的区域, 原则上道路通过天线旁瓣覆盖。
- 天线下倾角: 农村场景倾角 $0^{\circ}\sim 2^{\circ}$, 城市场景倾角 $2^{\circ}\sim 5^{\circ}$, 在进行覆盖或干扰优化控制时, 优先进行天线电子倾角调整, 电子倾角不满足需求后才调整机械倾角。

4 结束语

为了更好地促进 5G 网络的建设与发展, 本文对 700 MHz 频段应用于 5G 网络的需求进行分析, 并对 700 MHz 频段的覆盖性能、穿透性能、峰值速率、VoNR 能力等开展了详细的测试分析工作, 充分证明 700 MHz 频段可有效解决当前 5G 网络面临的农村广域覆盖和城市深度覆盖能力不足的问题。基于测试结果, 本文对中国移动 700 MHz

频段 5G 网络功能定位与组网方案进行探讨, 指导 700 MHz 频段 5G 基站的建设与天线配置。

参考文献:

- [1] 颜军. 700 MHz 5G 网络覆盖能力分析[J]. 江苏通信, 2021, 37(5): 10-15, 19.
YAN J. 700MHz 5G network coverage capability analysis [J]. Jiangsu Communication, 2021, 37(5): 10-15, 19.
- [2] 张宏宇, 李聪, 陈春. 广电 700 MHz 5G 网络浅层覆盖方案探讨[J]. 通信技术, 2021, 54(1): 87-95.
ZHANG H Y, LI C, CHEN C. Discussion on shallow coverage scheme of broadcasting and television 700 MHz 5G network[J]. Communications Technology, 2021, 54(1): 87-95.
- [3] 周庆, 张建国, 池敬涛, 等. 5G NR 部署在 700 MHz 上的综合性能分析[J]. 电信工程技术与标准化, 2021, 35(2): 16-20.
ZHOU Q, ZHANG J G, CHI J T, et al. Comprehensive analysis of 5G NR deployment in 700 MHz[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2021, 35(2): 16-20.
- [4] 靳昊. 700 MHz 特性与商用部署探讨[J]. 中国新通信, 2020(19): 47-48.
JIN H. Discussion on 700 MHz characteristics and commercial deployment[J]. China New Telecommunications, 2020(19): 47-48.
- [5] 诸葛一鸣, 冯光, 刘敬刚, 等. 中国广电 700M 频段 5G 近海覆盖项目实践[J]. 广播与电视技术, 2021, 48(1): 35-38.
ZHUGE Y M, FENG G, LIU J G, et al. Practice of 5G offshore coverage project with 700M band by China broadcasting network[J]. Radio & TV Broadcast Engineering, 2021, 48(1): 35-38.
- [6] 陈力, 潘协威, 魏镜西. 中国移动 5G 700M 规划建设方案浅析[J]. 中国新通信, 2021, 23(16): 29-30.
CHEN L, PAN X W, WEI J X. A brief analysis of China Mo-



- bile's 5G 700M planning and construction plan [J]. China New Telecommunications, 2021, 23(16): 29-30.
- [7] 唐兴权, 莫若. 700 MHz 与 2.6 GHz 合作的必要性研究[J]. 电子技术与软件工程, 2021(5): 3-4.
TANG X Q, MO N. Research on the necessity of 700MHz collaboration with 2.6GHz[J]. Electronics and Software Engineering, 2021(5): 3-4.
- [8] 樊正茂, 黄继恩. 中国移动 5G 700MHz 天馈建设方案分析[J]. 广东通信技术, 2020, 40(12): 10-13, 34.
FAN Z M, HUANG J E. Analysis of China Mobile's 5G 700MHz antenna feed construction scheme [J]. Guangdong Communication Technology, 2020, 40(12): 10-13, 34.
- [9] 陈锋波, 吴俊华. 基于 700 MHz 的 5G 网络天馈系统建设策略[J]. 中国新通信, 2021, 23(8): 19-20.
CHEN F B, WU J H. Construction strategy of 5G network antenna feeder system based on 700 MHz [J]. China New Telecommunications, 2021, 23(8): 19-20.

[作者简介]



范培全 (1970-), 男, 中国移动通信集团新疆有限公司副总经理, 主要研究方向为无线通信新技术、4G/5G 网络规划、网络优化等。



魏爱玲 (1973-), 女, 中国移动通信集团新疆有限公司网络优化中心总经理, 主要研究方向为无线通信、4G/5G 网络优化等。



张冬晨 (1981-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司网络优化中心产品部副总经理、高级工程师, 主要研究方向为干扰优化、网优系统研发等。



李行政 (1987-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师, 主要研究方向为 4G/5G 干扰优化方法、工具平台设计研发等。