

NR 900 MHz 和 NR 2.1 GHz 网络覆盖性能对比

Coverage Performance Comparison Between NR 900 MHz and NR 2.1 GHz

刘 洋¹,苗守野²,王 伟¹,李福昌¹(1. 中国联通研究院,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)
Liu Yang¹,Miao Shouye²,Wang Wei¹,Li Fuchang¹(1. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

摘 要:

当前国内5G网络主要部署在中频段,然而中频相较于低频段传输损耗和穿透损耗大,建维成本高,不适宜室外站覆盖室内和农村场景广覆盖,使用中低频混合组网实现室外站覆盖室内和农村广覆盖成为5G网络建设的最佳选择。对5G网络的低频(900 MHz)与中频(2.1 GHz)的覆盖性能进行理论分析对比,并进行测试验证,从广覆盖和深度覆盖2个角度论证NR 900 MHz相对NR 2.1 GHz的覆盖性能优势。

Abstract:

Currently, the 5G networks are mainly deployed in the medium frequency band. However, the transmission loss and penetration loss of the medium frequency band are larger than that of the low frequency band, and the construction and maintenance cost is high. It is not suitable for outdoor stations to cover indoor and rural scenes. Using the medium and low frequency hybrid network to realize outdoor stations to cover indoor and rural areas has become the best choice for 5G networks construction. It theoretically analyzes and compares the coverage performance of low frequency (900 MHz) and medium frequency (2.1 GHz) of 5G network, and it conducts test verification. It demonstrates the coverage performance advantage of NR 900 MHz over NR 2.1 GHz from the perspectives of wide coverage and deep coverage.

Keywords:

NR 900 MHz; NR 2.1 GHz; Coverage performance

关键词:

NR 900 MHz; NR 2.1 GHz; 覆盖性能

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2022.08.007

文章编号: 1007-3043(2022)08-0035-05

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):



引用格式: 刘洋,苗守野,王伟,等. NR 900 MHz和NR 2.1 GHz网络覆盖性能对比[J]. 邮电设计技术, 2022(8): 35-39.

1 概述

5G连接能力不断拓展,应用边界继续扩展,逐渐实现赋能千行百业,推动数字经济与实体经济融合。频率和带宽分配是影响5G建设和运营策略最直接和最重要的因素之一,5G频谱一般分为低频(小于1 GHz频段)、中频(1~6 GHz频段)和高频(毫米波频段),目前国内大部分5G网络部署在中频。中频相较于

低频(700~900 MHz)传输损耗大,穿透能力弱,对于深度覆盖场景,中频宏站覆盖穿透多面墙体的室内场景效果不好,没有5G室分覆盖的情况下部分流量仍需4G网络承载,影响用户体验;对于农村场景,投资收益率低,中频覆盖建站密度大,使用中频段建设5G网络很难实现收支平衡。因此,利用低频段建设5G网络,与中频5G网络混合组网,满足深度覆盖和农村广覆盖需求成为5G网络建设的最佳选择。本文对低频5G网络(900 MHz)与中频5G网络(2.1 GHz)进行理论分析对比,并进行测试验证,论证低频5G网络相较于中频5G

收稿日期: 2022-06-01

网络的覆盖优势。

2 理论分析

本文通过链路预算的方法对低频 5G 网络(900 MHz)与中频 5G 网络(2.1 GHz)进行理论分析对比。链路预算是通过发射端到接收端之间的各种增益、衰减进行预算,从而估算信号能成功从发射端传送到接收端之间的最大距离。

最大允许路径损耗(MAPL)通过下式计算:

$$\text{MAPL} = P_{\max} + G_{\text{Tx}} + G_{\text{Rx}} - \text{LOSS}_{\text{body}} - \text{Margin}_{\text{shadowfading}} - \text{Margin}_{\text{interference}} - \text{SRx} - \text{LOSS}_{\text{penetration}}$$

式中:

$P_{\max}$ ——发射机最大发射功率

G_{Tx} ——发射机天线增益

G_{Rx} ——接收机天线增益

LOSS_{body}——人体损耗

Margin_{shadowfading}——阴影衰落余量

Margin_{interference}——干扰余量

LOSS_{penetration}——建筑物穿透损耗

SRx——接收机灵敏度,SRx= 接收机底噪 +SINR 解调门限,其中 SINR 解调门限与边缘速率、分配 RB 数、MCS 等参数相关

无线网常用的 2 类宏蜂窝传播模型是 Okumura-Hata 和 Cost231-Hata,其中 Okumura-Hata 模型适用频率为 150~1 500 MHz, Cost231-Hata 模型适用频率 1 500~2 600 MHz。本文对 NR 900 MHz 的覆盖分析采用 Okumura-Hata 模型,对于 NR 2.1 GHz 的覆盖分析采用 Cost231-Hata 模型。

假设 NR 900 MHz、NR 2.1 GHz 基站位于同一位置且天线挂高均为 20 m,基站侧 MIMO 配置为 4T4R,单通道发射功率相同,即每 10 MHz 带宽发射功率为 4×20 W,子载波间隔为 15 kHz,终端侧 MIMO 配置 NR 900 MHz 为 1T2R,NR 2.1GHz 为 1T4R。为便于与测试结果进行对比,假定基站方向角沿道路方向,阴影衰落取 0 dB。以一般城区场景为例,链路预算结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出,假设接收到的 SSB-RSRP 为 -100 dBm,NR 900 MHz 与基站直线距离为 2.16 km,NR 2.1 GHz 与基站直线距离为 1.42 km;如果接收到的 SSB-RSRP 为 -105 dBm,NR 900 MHz 与基站直线距离为 2.96 km,NR 2.1 GHz 与基站直线距离为 1.95 km。

表 2 为距离基站相同位置,NR 900 MHz 与 NR 2.1

表 1 NR 900 MHz 与 2.1 GHz 链路预算对比(覆盖距离)

频段	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz
目标 SSB-RSRP/dBm	-100	-100	-105	-105
最大发射功率/W	80	320	80	320
发射功率/子载波/dBm	21	21	21	21
发射天线类型	4T4R	4T4R	4T4R	4T4R
终端天线类型	1T2R	1T4R	1T2R	1T4R
发射天线增益/dB	15	18	15	18
发射分集增益/dB	2.5	2.5	2.5	2.5
接收天线增益/dB	2.5	5	2.5	5
阴影衰落/dB	0	0	0	0
基站天线高度/m	20	20	20	20
终端天线高度/m	1.5	1.5	1.5	1.5
MAPL/dB	141	146.5	146	151.5
覆盖半径/km	2.16	1.42	2.96	1.95

表 2 NR 900 MHz 与 2.1 GHz 链路预算对比(SSB-RSRP 强度)

覆盖距离/m	100	500	1 000	2 000	2 500	3 000
NR 900 MHz SSB-RSRP/dBm	-51.47	-76.90	-87.85	-98.80	-102.33	-105.21
NR 2.1 GHz SSB-RSRP/dBm	-58.04	-83.47	-94.42	-105.37	-108.90	-111.78

GHz 接收到的 SSB-RSRP 理论分析对比。结果显示,相同位置 NR 2.1 GHz 接收的 SSB-RSRP 比 NR 900 MHz 低 6.5 dB 左右。

进一步地,基于 3GPP TS 38.901 不同频段不同材质的穿透损耗计算方法,从深度覆盖角度分析,表 3 为穿透不同材质墙体,NR 2.1 GHz 与 NR 900 MHz 终端接收到的 SSB-RSRP 差值。结果显示,深度覆盖场景下,相同位置 NR 2.1 GHz 接收的 SSB-RSRP 比 NR 900 MHz 低 6.7~11.4 dB。

表 3 900 MHz 和 2.1 GHz 深度覆盖对比

材质	穿透损耗计算公式/dB	900 MHz 穿透损耗/dB	2.1 GHz 穿透损耗/dB	SSB-RSRP 差值 (NR 900 MHz-NR 2.1 GHz)/dB
普通玻璃	$L_{\text{glass}} = 2 + 0.2f$	2.18	2.42	6.81
红外隔热玻璃	$L_{\text{IRglass}} = 23 + 0.3f$	23.27	23.63	6.93
水泥墙	$L_{\text{concrete}} = 5 + 4f$	8.60	13.40	11.37
木板	$L_{\text{wood}} = 4.85 + 0.12f$	4.96	5.10	6.71

综上,理论分析结果显示,无论是室外或深度覆盖,NR 900 MHz 的覆盖性能均明显优于 NR 2.1 GHz。

3 测试验证

3.1 单站拉远

选取某小型城市搭建测试环境, NR 900 MHz、2.1 GHz 共站部署, 天线挂高均为 20 m。NR 900 MHz 带宽为 10 MHz, NR 2.1 GHz 带宽为 40 MHz。2 个频段基站侧 MIMO 配置均为 4T4R。NR 900 MHz 发射功率为 4×20 W, NR 2.1 GHz 发射功率为 4×80 W。测试终端在 NR 900 MHz MIMO 配置为 1T2R, 在 NR 2.1 GHz MIMO 配置为 1T4R。测试小区方向角沿道路方向, 测试终端进行灌包业务, 沿测试道路以 30 km/h 车速进行拉远测试, 以对比 900 MHz 频段和 2 100 MHz 频段的广覆盖性能。

图 1 为灌包测试过程中 SSB-RSRP 的测试结果, 测试结果显示: NR 900 MHz 在与基站直线距离为 2 255 m 时, SSB-RSRP 开始低于 -100 dBm, 与基站直线距离为 2 815 m 时, SSB-RSRP 开始低于 -105 dBm; NR 2.1 GHz 在与基站直线距离为 1 425 m 时, SSB-RSRP 开始低于 -100 dBm, 与基站直线距离为 2 165 m 时, SSB-RSRP 开始低于 -105 dBm; 同一位置, NR 900 MHz SSB-RSRP 明显优于 NR 2.1 GHz, 总体比 NR 2.1 GHz 高 6~10 dB。

综上, NR 900 MHz 在室外场景覆盖性能明显优于



图 1 单站拉远 SSB-RSRP 测试结果

NR 2.1 GHz, 获得相同目标 SSB-RSRP, NR 900 MHz 覆盖距离相较 NR 2.1 GHz 远 600 m 以上。

3.2 深度覆盖

选取上述城市 2 个建筑物进行测试, 图 2 为 2 个建筑物的平面图, 箭头方向为天线覆盖方向。建筑物 1 测试房间为 6 层建筑的 2 层, 建筑物 2 测试房间为 6 层建筑的 1 层(底商), 建筑物 1 与基站间的距离相较建筑物 2 近, 分别选取不同位置的 0~6 号共 7 个点位进行定点测试和屋内遍历测试(建筑物阳台为玻璃窗, 测试过程中阳台窗户打开, 即点位 0 为室外覆盖场景)。基站站高约为 20 m, NR 900 MHz 和 2.1 GHz 共天线, 其他基站和终端配置与拉远测试相同。

在屋内进行下行灌包和 VoNR 语音 2 项业务的遍历测试, 并分别在 0~6 点位进行下行灌包和 VoNR 语音业务定点测试, 每项业务在每个点位持续 1 min, 记录平均 SSB-RSRP、下行速率和 MOS 值, 表 4 为建筑 1 的测试结果。

测试结果显示: 深度覆盖场景下, 屋内穿透的墙体越多, 接收到信号强度越低, 表 4 中终端在点位 2(穿透 2 面墙体)接收到的 SSB-RSRP 明显低于在点位 1(穿透 1 面墙体)接收到的 SSB-RSRP; 穿透墙体越厚, 终端接收到的 SSB-RSRP 越低, 表 4 中终端在点位 6(穿透 1 面 60 cm 外墙)接收到的 SSB-RSRP 明显低于在点位 1(穿透 1 面 40 cm 墙体); 终端位置越深, 即距

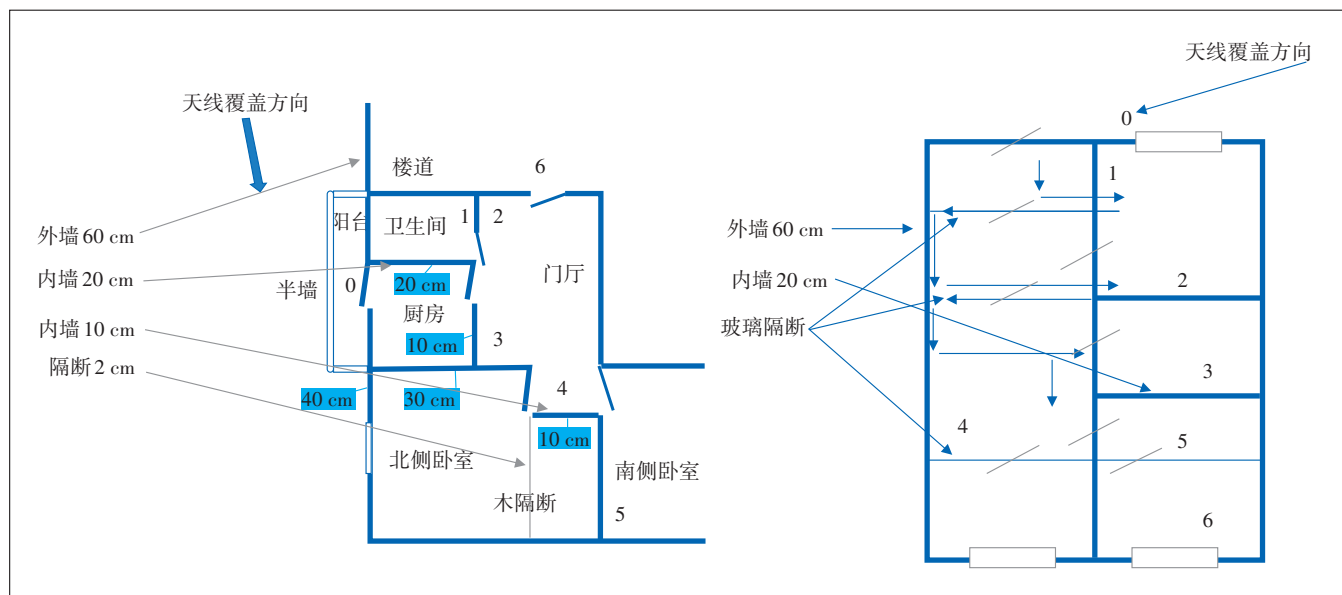


图2 室内测试建筑物平面图

表4 建筑物1室内覆盖测试结果

点位	数据平均 RSRP/dBm		平均下行速率/(Mbit/s)		语音平均 RSRP/dBm		平均 MOS	
	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz
0	-66.98	-74.66	86.44	220.90	-67.80	-73.13	3.80	3.88
1	-79.74	-88.74	73.84	196.39	-80.48	-89.14	3.85	3.70
2	-81.42	-90.78	59.16	225.60	-81.51	-89.64	3.64	3.92
3	-77.58	-86.24	71.60	219.36	-77.38	-86.15	3.90	3.79
4	-85.01	-90.40	48.48	132.29	-85.90	-89.46	3.81	3.89
5	-82.33	-92.11	78.98	94.16	-82.65	-92.12	3.89	3.66
6	-85.15	-94.43	60.06	147.52	-85.86	-93.85	3.80	3.80
遍历	-79.52	-89.29	63.61	174.87	-80.49	-91.54	3.75	3.82

离信号射入墙体或窗户越远,终端接收到的SSB-RSRP越低,表4中终端在点位4、5接收到的SSB-RSRP明显低于点位1、2、3。

对比2个频段的深度覆盖情况,NR 900 MHz深度覆盖性能明显优于NR 2.1 GHz。相同点位,NR 900 MHz终端接收到的SSB-RSRP相较NR 2.1 GHz总体高10 dB左右,穿透墙体越多、墙面越厚,NR 900 MHz覆盖性能相较NR 2.1 GHz优势越明显;业务性能方面,建筑物离基站位置较近,深度覆盖信号强度尚可,因此2个频段语音业务质量均表现良好,数据业务方面由于NR 2.1 GHz配置40 MHz带宽,数据速率优于NR 900 MHz。

表5为建筑物2的测试结果,与建筑物1结论基本一致:覆盖性能方面,总体上900 MHz深度覆盖性能明显优于NR 2.1 GHz;相同点位,NR 900 MHz终端接收

到的SSB-RSRP相较NR 2.1 GHz高9~15 dB,且穿透墙体越多、墙面越厚、终端位置越深,NR 900 MHz覆盖性能相较NR 2.1 GHz优势越为明显。业务性能方面,室内较深处,NR 900 MHz数据业务表现和语音业务表现均明显优于NR 2.1 GHz;点位3、4、5、6,NR 2.1 GHz由于覆盖质差发生数据下载业务掉线,而NR 900 MHz仍然保持一定的下载速率;点位5、6,NR 2.1 GHz由于覆盖质差发生语音业务掉话,而NR 900 MHz仍然保持较好的MOS值。

综上,NR 700 MHz和900 MHz在深度场景覆盖性能和业务表现明显优于NR 2.1 GHz,穿透墙体越多、墙面越厚、终端位置越深,NR 900 MHz优势越为明显。

4 结论

表6为相同位置通过理论分析和测试验证获得

表5 建筑物2室内覆盖测试结果

点位	数据平均 RSRP/dBm		平均下行速率/(Mbit/s)		语音平均 RSRP/dBm		平均 MOS	
	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz	NR 900 MHz	NR 2.1 GHz
0	-75.61	-85.32	31.64	84.50	-77.32	-86.99	3.77	3.65
1	-85.53	-99.97	28.34	101.73	-85.40	-102.03	3.64	3.89
2	-101.65	-117.95	20.16	15.63	-100.69	-114.96	3.89	3.70
3	-108.8	无信号	15.03	掉线	-107.39	-119.68	3.73	3.52
4	-107.34	无信号	13.67	掉线	-107.88	-120.67	3.87	2.94
5	-112.91	无信号	4.02	掉线	-113.90	-125.45	3.89	掉话
6	-111.20	无信号	3.95	掉线	-112.96	-125.41	3.76	掉话
遍历	-101.70	-113.00	16.57	28.42	-102.85	-111.29	3.44	2.98

表6 相同位置 NR 900MHz 与 NR 2.1GHz 信号强度对比

对比项目	室外覆盖		深度覆盖	
	理论分析	测试结果	理论分析	测试结果
NR 900 MHz 与 NR 2.1 GHz SSB-RSRP 差值/dB	6.67	6~10	11.4 (水泥墙)	9~15

的 NR 900 MHz 与 NR 2.1 GHz 信号强度差值,包括室外覆盖和深度覆盖 2 个场景。结果显示,同一位置在室外场景和深度覆盖场景, NR 900 MHz 覆盖性能均明显优于 NR 2.1 GHz,室外场景相同点位 NR 900 MHz 接收信号强度相较 NR 2.1 GHz 高 6~10 dB;深度覆盖场景, NR 900 MHz 在相同点位接收到的 SSB-RSRP 相较 NR 2.1 GHz 高 9~15 dB。表 7 为获得相同信号强度, NR 900 MHz 与 NR 2.1 GHz 的覆盖距离对比,理论分析和测试结果均表明,获得相同信号强度情况下, NR 900 MHz 覆盖距离相较 NR 2.1 GHz 远 600 m 以上。

表7 NR 900 MHz 与 NR 2.1 GHz 覆盖距离对比

频段	NR 900 MHz		NR 2.1 GHz	
目标 SSB-RSRP/dBm	-100	-105	-100	-105
理论分析覆盖距离/km	2.16	2.96	1.42	1.95
测试结果覆盖距离/km	2.25	2.82	1.43	2.17

综上, NR 900 MHz 广覆盖和深覆盖性能均明显优于 NR 2.1 GHz,特别是在深度覆盖场景下,业务体验明显优于 NR 2.1 GHz。因此,利用 900 MHz 进行 NR 打底覆盖与中频网络混合组网,可以获得更优的覆盖性能和业务体验,适用于郊区和农村广覆盖场景和深度覆盖场景。

参考文献:

- [1] 3GPP. Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz: 3GPP TS 38.901[S/OL]. [2022-04-25]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 刘晓峰,孙韶辉,杜忠达,等. 5G 无线系统设计与国际标准[M].

北京:人民邮电出版社,2019.

- [3] 杨峰义,谢伟良,张建敏. 5G 无线网络及关键技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2017.
- [4] 卓秀钦. 5G 室内覆盖分析及链路预算[J]. 通信与信息技术, 2022(1):4.
- [5] 张国庭,肖婧婷,杨明. 不同频段 5G 覆盖对比评估与分析[J]. 广播与电视技术, 2020, 47(7):102-108.
- [6] 赵伟康. 5G 传播损耗及链路预算[J]. 中国新通信, 2019, 21(24):8-9.
- [7] 孙开宇,王洪梅,崔明,等. 关于 5G 链路预算的研究[J]. 中国新通信, 2019, 21(17):51-52.
- [8] 颜军. 700M 5G 网络覆盖能力分析[J]. 江苏通信, 2021, 37(5):10-15, 19.
- [9] 范培全,魏爱玲,张冬晨,等. 700_MHz 频段 5G 网络性能分析与建设方案建议[J]. 电信科学, 2022, 38(5):7.
- [10] 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, 2022, 35(2):16-20.
- [11] 朱晓敏. 5G 网络的无线通信资源分配问题思考[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(22):130-131.
- [12] 陈华东. 5G 无线网络规划以及链路预算[J]. 信息通信, 2019(8):159-160.
- [13] 刘晶. 基于 LTE 系统的传播模型及模型校正算法研究[D]. 上海:东华大学, 2014.
- [14] 方屹涛. 5G 新场景下的室内外传播模型优化与覆盖规划[D]. 武汉:武汉大学, 2021.
- [15] 王明哲. 5G 移动通信发展趋势及关键技术研究[J]. 智慧中国, 2022(2):2.

作者简介:

刘洋,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事无线新技术研究和测试工作;苗守野,中国联通 5G 共建共享工作组组长,高级工程师,长期从事移动通信网络建设维护优化等工作;王伟,毕业于北京交通大学,高级工程师,硕士,主要从事无线新技术和测试研究工作;李福昌,中国联通研究院无线技术研究中心总监,国家知识产权局中国专利审查技术专家,北京邮电大学兼职教授,教授级高级工程师,博士,主要从事移动通信及固网移动融合等专业的标准制定、测试验证、课题研究等工作。