

# 平原农村场景下 2.1 GHz与3.5 GHz设备选型研究

## Equipment Selection Study of 2.1 GHz and 3.5 GHz in Plain Rural Scene

何二朝<sup>1,2</sup>,张慧丽<sup>1,2</sup>,陈乐<sup>1,2</sup>,王双锁<sup>1,2</sup>,初彦萍<sup>1,2</sup>(1. 河北电信设计咨询有限公司,河北 石家庄 050021;2. 石家庄市宽带接入与传送网络优化技术创新中心,河北 石家庄 050021)

He Erchao<sup>1,2</sup>,Zhang Huili<sup>1,2</sup>,Chen Le<sup>1,2</sup>,Wang Shuangshuo<sup>1,2</sup>,Chu Yanping<sup>1,2</sup>(1. Hebei Communication Design & Consultation Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China;2. Shijiazhuang Municipal Broadband Access and Transmission Network Optimization Technology Innovation Center, Shijiazhuang 050021, China)

### 摘要:

平原农村地广人稀,低频是实现覆盖的最佳选择,但低频带宽小,且被其他制式占用,剩余带宽难于发挥5G的高吞吐率优势。2.1 GHz和3.5 GHz位于中频,可用带宽大,覆盖和容量的综合优势明显,可作为平原农村5G覆盖的主要频谱。从频谱、覆盖、容量、时延、设备、成本以及路测结果等多个方面对2.1 GHz 4TR和3.5 GHz 8TR 2种设备进行了对比分析,结果显示:2.1 GHz 4TR相较于3.5 GHz 8TR总体上有优势,但在个别场景下3.5 GHz 8TR更好。

### 关键词:

5G;平原农村;2.1 GHz 4TR;3.5 GHz 8TR

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.04.013

文章编号:1007-3043(2023)04-0058-06

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:

Plain rural areas are vast and sparsely populated, so low frequency is the best choice to realize coverage. However, the low frequency bandwidth is small and occupied by other systems, so the remaining bandwidth is difficult to fulfil the high throughput advantage of 5G. 2.1 GHz and 3.5 GHz are located in the intermediate frequency, have large available bandwidth and obvious comprehensive advantages of coverage and capacity, so they can be used as the main spectrum of 5G coverage in plain rural areas. It compares them from the spectrum, coverage, capacity, delay, equipment, cost and DT results and so on. According to the analysis results, 2.1 GHz 4TR has more advantages than 3.5 GHz 8TR, but 3.5 GHz 8TR is better in some areas.

### Keywords:

5G; Plain rural scenario; 2.1 GHz 4TR; 3.5 GHz 8TR

引用格式:何二朝,张慧丽,陈乐,等. 平原农村场景下2.1 GHz与3.5 GHz设备选型研究[J]. 邮电设计技术,2023(4):58-63.

## 1 概述

在农村,百姓对5G的接受度可能比某些一线城市居民还高。乡村居民以留守老人和孩童为主,主要通过网络与远离家乡的亲人联系,对视频通话、在线教育等大带宽、低时延的应用更加渴求。另外,随着乡村居民生活的改善,他们的精神文化生活也更加丰富。中国移动网络所支撑的短视频、直播、高清影视等应用,让一大批乡村诗人、舞蹈爱好者等走红网络,

也让更多人看到了散落在乡村的艺术之花。此外,“田园综合体”也正在崛起,成为城市人的新娱乐胜地,这在节假日已成为常态,带动了乡村旅游经济和田园社区的发展。在乡村振兴战略的诸多重大惠农项目中,不乏数字农业建设、绿色高效特色农业、现代农业产业园、电子商务进农村等。而大带宽、低时延、广连接等5G网络特性,也成为乡村经济解锁长期繁荣的关键力量。

为实现农村的5G网络良好覆盖,网络频段的选取至关重要。低频是实现广覆盖的最佳选择,中国移动与中国广电的700 MHz共建共享已落地实施,中国联

收稿日期:2023-03-08

通和中国电信的5G广覆盖有3个选择,一是与中国移动和中国广电通过谈判共享700 MHz,没有主动权,且没有获得政策性支持;二是在现有800 MHz和900 MHz频段上部署,这2个频段已被2G/3G/4G占用,即使采用动态频谱共享技术开通5G,可用带宽也太小,难于发挥5G的优势,只适合于有5G需求但对带宽要求不高的场景,比如山区农村;三是在中频部署,覆盖范围小一点,但可用带宽大,成为5G进行广覆盖的主要备选方案之一,如平原农村。

位于中频的2.1 GHz和3.5 GHz,分别用于LTE网络扩容和城市5G网络覆盖,在农村使用较少,可以直接用于5G建设。2.1 GHz与1.8 GHz间隔较小,覆盖范围接近,在覆盖上更具优势,设备形态主要是4TR设备;3.5 GHz支持大规模天线,并且带宽更大,在容量上更具优势,在低话务场景中,设备形态主要是8TR设备。本文通过对上述2款设备的技术、设备、成本、测试等数据进行对比分析,为平原农村的5G设备选型提供建议。

## 2 农村话务特征分析

以某地农村4G站点分布和忙时流量统计为例,该农村属于平原农村,站点呈不均匀分布,这与人口分布、业务流量紧密相关。大部分区域站点流量偏低,个别区域存在流量热点,流量高低差异显著,过渡特征不明显。

根据站点流量分段统计结果,日忙时流量低于40 GB的站点累计占比80%,其中低于30 GB的站点累计占比接近60%。

站点无线资源利用率分布不均衡,高流量区域站点利用率普遍偏高,中流量区域个别站点利用率偏高,低流量区域站点利用率大部分较低,日忙时利用率主要集中在20%~50%。依据4G流量对站点进行分级,并结合流量热力分布图,发现站点流量既有集聚性特征,又有渐变性特征,例如在县城周边区域,分布着大批中流量站点(日忙时大于30 GB小于90GB),再往外围延伸,则多是低流量站点(日忙时小于30 GB),如图1所示。

## 3 2.1 GHz 4TR与3.5 GHz 8TR对比分析

### 3.1 技术对比

#### 3.1.1 频谱带宽对比

2.1 GHz频点采用FDD模式。2.1 GHz频段中国联

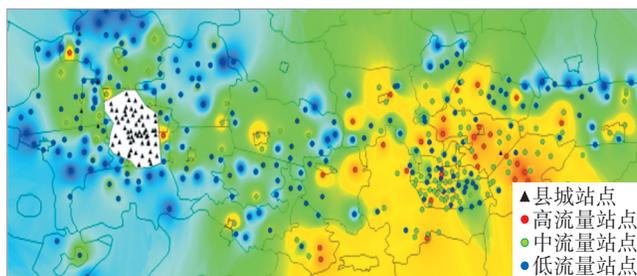


图1 某地农村站点流量分级示意图

通已使用2×25 MHz,其中LTE占20 MHz,WCDMA占5 MHz;中国电信已使用2×20 MHz带宽,全部由LTE占用;2.1 GHz频点上剩余2×10 MHz未分配,如图2所示。

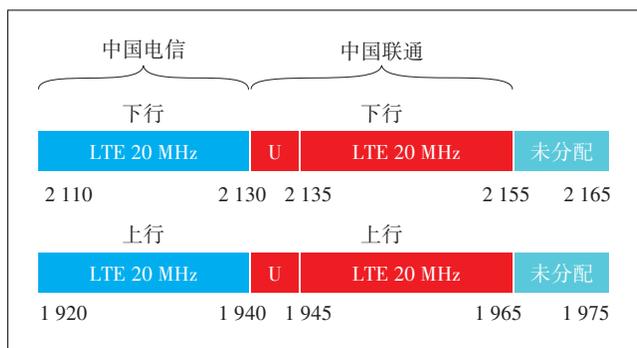


图2 2.1 GHz频谱分配图

根据中国电信和中国联通共建共享思路,结合3GPP协议中规定的系统带宽设置,后续可逐步演进至2×50 MHz的FDD单载波,目前中国电信和中国联通双方正立项推动2×50 MHz的3GPP标准化工作。2.1 GHz全频段有2种重耕方式,分别是全频段NR方式、动态频谱共享方式,考虑到目前3GPP R15/R16在2.1 GHz上仅支持2×20 MHz的带宽设置,下文选择2×20 MHz带宽进行分析。

3.5 GHz频点采用TDD模式。目前在3.5 GHz频点上中国电信和中国联通全量共享3.4~3.6 GHz之间的200 MHz带宽,大部分站点开通100 MHz带宽,下文选择100 MHz带宽进行分析。

#### 3.1.2 覆盖能力对比

3.5 GHz频段波长比2.1 GHz频段短,穿透能力、绕射能力以及衍射能力较2.1 GHz频段差,终端侧上行覆盖不足的缺点更明显。

以现网1.8 GHz频段为基准点,分别对2.1 GHz和3.5 GHz频段进行链路预算,结果如表1所示。

通过上行链路预算结果的对比可以发现:

a) 2.1 GHz 4TR上行能力比3.5 GHz 8TR高8.7

表1 上行链路预算结果

项目	1.8 GHz LTE (FDD2T2R)	2.1 GHz NR (FDD4TR)	3.5 GHz NR (TDD8TR)
天线单元增益/dB	17.0	17.0	17.5
分集增益/dB	0.0	3.0	6.0
跳线及连接损耗/dB	-0.5	-0.5	-0.5
UE发射功率/dBm	23.0	23.0	26.0
传播差异/dB	0.0	-1.5	-11.0
TDD上行损失/dB	0.0	0.0	-5.2
基站噪声系数	0.0	0.0	-0.5
单站能力差异/dB	0.0	1.5	-7.2

dB。

b) 2.1 GHz 4TR 上行能力比 1.8 GHz 2TR 高 1.5

dB。

### 3.1.3 容量对比

在理想传播模型中,当发射端的发射功率固定时,接收端的接收功率与发射天线增益和接收天线增益成正比,提高天线增益的解决方案是增加发射天线和接收天线的数量,即设计一个天线阵列。

根据仿真实验结果,在站间距较小时,多天线的效果更明显,如图3所示。在站间距为1 000 m左右时,8TR与4TR相比,容量可提高约20%。

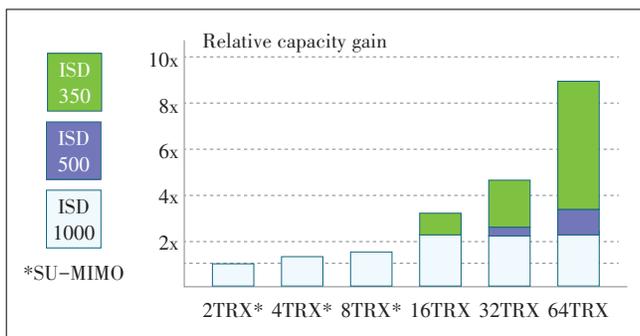


图3 天线数量与容量对比

无线容量还与设备配置有关,如带宽、流数等参数。根据仿真结果,2.1 GHz在带宽为20 MHz、码流为2时,速率为230 Mbit/s;2.1 GHz在带宽为50 MHz、码流为4时,速率可达1 125 Mbit/s;3.5 GHz在带宽为100 MHz、码流为4时,速率为1 460 Mbit/s。2.1 GHz下50 MHz带宽的峰值速率与3.5 GHz 100 MHz可比。

### 3.1.4 时延对比

2.1 GHz采用FDD模式,收发同时进行;3.5 GHz采用TDD模式,收发有一定的延迟。根据测试结果,3.5 GHz的空口时延高于2.1 GHz,而端到端时延则2.1 GHz略高,如表2所示。2.1 GHz在时延性能上有一定

的优势。

表2 2.1 GHz和3.5 GHz的时延测试结果

字节数/B	2.1 GHz		3.5 GHz	
	端到端时延/ms	空口时延/ms	端到端时延/ms	空口时延/ms
32	13.54	7.45	12.73	8.40
1 500	14.96	8.23	14.16	8.89

### 3.2 设备配置对比

2.1 GHz 4TR与3.5 GHz 8TR设备差异主要在于:前者采用4天线端口;后者采用8天线端口,其他差异不明显,如表3所示。

表3 主流设备尺寸、重量、功耗对比

设备类型	规格尺寸(高×宽×深)/mm	重量/kg	最大输出功率/W	典型功耗/W
2.1 GHz 4TR	450×350×140	24	4×80	710
3.5 GHz 8TR	480×360×140	25	8×50	660

### 3.3 建设及维护成本对比

农村场景与城市相比,对运营商的贡献较小,在5G网络建设和运行中更加重视节省成本,包括前期的设备选型及后期的租金和电费,要根据环境特点及用户行为习惯合理选择设备类型,选择最优方案。

#### 3.3.1 建设成本对比

以在农村建设一个5G S111基站为例,3.5 GHz 8TR设备购置单价与2.1 GHz 4TR设备单价接近。

从所需配套对比,2.1 GHz 4TR设备在天面空间不足的情况下,可通过整合现网4G天线不产生铁塔改造成本,部分可通过利旧现网4G天线不产生天线成本。3.5 GHz 8TR设备需单独使用一层平台,无法与现网4G天线整合,将增加铁塔改造成本。

综上所述,2.1 GHz 4TR设备在建设成本支出方面相较3.5 GHz 8TR设备存在一定优势。

#### 3.3.2 运维成本对比

##### 3.3.2.1 耗电分析

以某厂商设备参数为依据,2.1 GHz 4TR设备单RRU典型功耗710 W,3.5 GHz 8TR设备单RRU典型功耗660 W。以平均电费价格0.63元/kWh计算,2.1 GHz RRU年支出电费比3.5 GHz RRU多约276元,年耗电量差异不显著。

##### 3.3.2.2 租赁费分析

2.1 GHz 4TR天线可通过与现网天线进行整合,仅增加或替换2.1 GHz RRU即可,仅增加10%租金。如果选择3.5 GHz 8TR,由于现网天线无法整合,需新租

用一层天面,将增加30%租金。按2.1万元/年计算,每年租金相差约4 200元。

通过比较电费及租金支出,2.1 GHz 4TR设备相较于3.5 GHz 8TR设备,在成本方面有一定优势,能达到降本增效的目的。

### 3.4 2.1 GHz 4TR与3.5 GHz 8TR路测结果对比

2.1 GHz基站配置:挂高40 m,收发模式为4TR,功率配置为4×40 W;SSB-RS频域位置5350,子载波间隔15 kHz。下行频点号为427970,带宽为20 MHz。SA终端天线配置要求1T4R,最大发射功率为23 dBm。

3.5 GHz基站配置情况:挂高37 m,收发模式为8TR,功率配置为8×50 W,SSB-RS频域位置7853,子载波间隔30 kHz。下行频点号为633984,带宽为100 MHz;下上行时隙配比为7:3。SA终端天线配置要求2T4R,最大发射功率为26 dBm。

#### 3.4.1 下行路测结果

##### 3.4.1.1 SSB-RSRP

由于SSB是公共信号(信道),其RSRP反映了小区的基础覆盖能力。根据链路预算结果,2.1 GHz 4TR和3.5 GHz 8TR的差距大约是8.7 dB。根据图4中测试结果的拟合多项式,200 m以内两者相差较少,200~600 m两者相差较大,最小相差约8 dB,最大相差达20 dB,600~900 m两者的差距较稳定,保持在6 dB左右,900 m之后3.5 GHz信号快速变差,2.1 GHz信号在1 200 m降至-110 dBm左右,2.1 GHz的覆盖半径与3.5 GHz相差约300 m。

##### 3.4.1.2 吞吐量(速率)比较

由于3.5 GHz带宽是100 MHz,相对于2.1 GHz的20 MHz带宽,下行吞吐量要高几倍,如图5所示。但是如果计算频谱效率(吞吐率/带宽),2.1 GHz反而略高,这是因为3.5 GHz采用了7:3的TDD,吞吐率相对FDD至少下降30%。此外,由于2.1 GHz频率低,信号

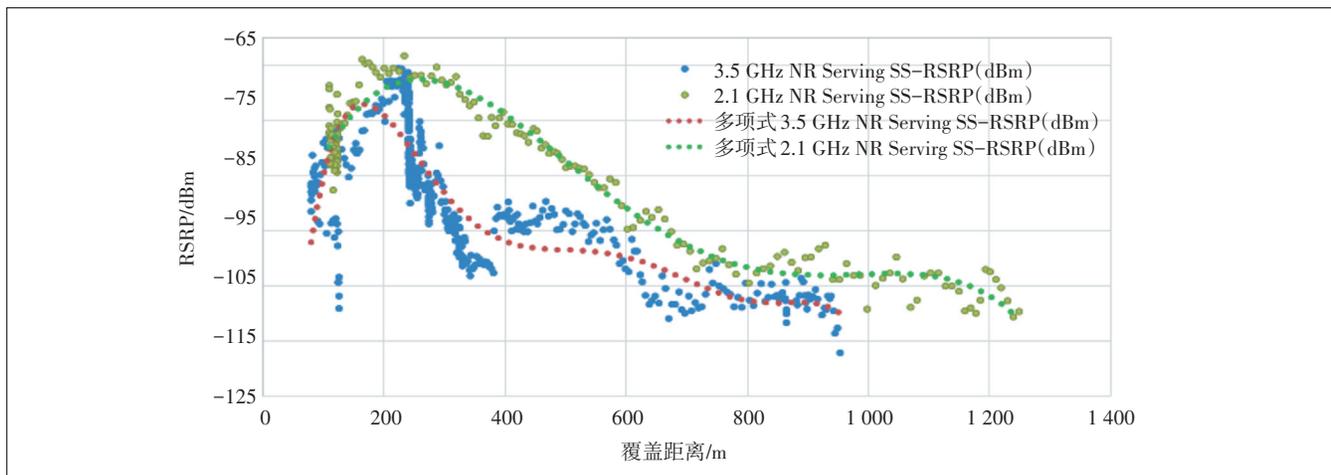


图4 3.5 GHz和2.1 GHz的SSB RSRP随距离变化趋势

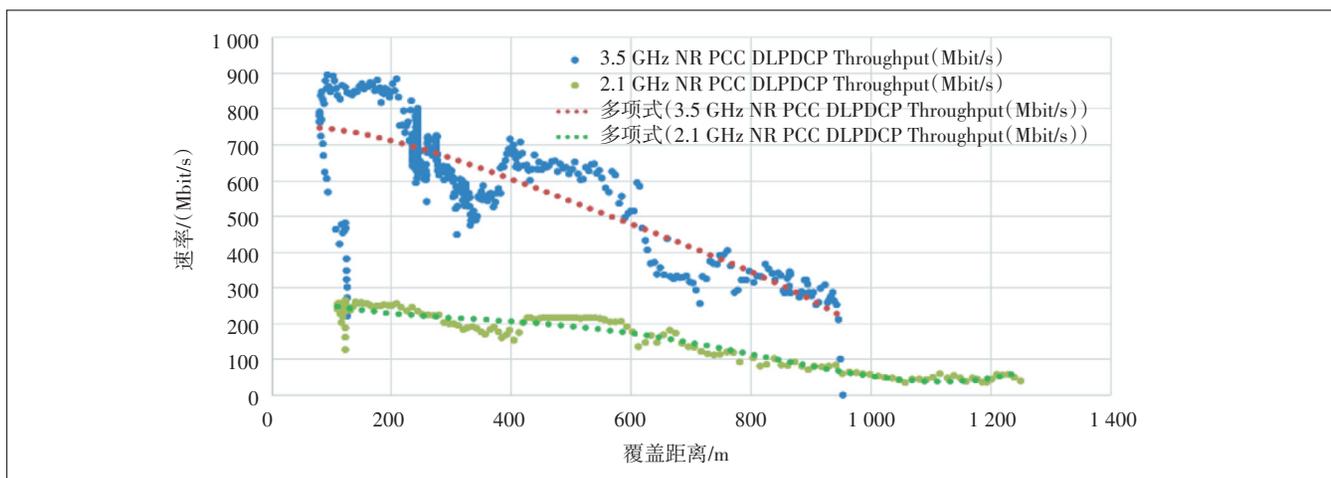


图5 DT测试小区下行速率对比

强度高于3.5 GHz,支持更高的编码效率。

### 3.4.2 上行路测结果

#### 3.4.2.1 上行RSRP

2.1 GHz SA终端天线配置要求1T4R,最大发射功率为23 dBm。3.5 GHz SA终端天线配置要求2T4R,最大发射功率为26 dBm。由图6的数据分析可知,覆盖距离为250 m以内时,3.5 GHz的信号接收强度与2.1 GHz相差较小,覆盖距离在300~600 m时,传播衰落基本属于NLOS场景,信号强度相差约9 dB,与理论分析结果接近。超过600 m后,3.5 GHz信号快速变差,降至-110 dBm或以下。

#### 3.4.2.2 吞吐量(速率)比较

由于3.5 GHz采用TDD模式,在带宽为100 MHz、时隙配比采用7:3时,相当于上行带宽为30 MHz,相对于2.1 GHz的20 MHz带宽,带宽优势不明显。由图7数据分析可知,在距离250 m以内时,上行速率接近。

超过250 m之后,2.1 GHz上行速率明显高于3.5 GHz。超过600 m以后,3.5 GHz上行速率由20 Mbit/s左右降至4 Mbit/s以下,而在1 000 m左右,2.1 GHz上行速率仍维持在20 Mbit/s。2.1 GHz与3.5 GHz相比,覆盖半径扩大大约200~300 m。

信号强度对上行速率的影响如图8所示,当信号强度大于-96 dBm时,3.5 GHz的上行速率稍高于2.1 GHz。

#### 3.4.3 室内测试结果

分别选取距基站200 m和500 m两处,每处在门口选取1个点、室内选取2个点共3个点位进行测试。测试结果如表4所示。从表4可以看出:

a) 200 m处各点RSRP差异明显,达10 dB以上,信号主要是直射信号,因频率不同形成穿透差异;500 m处各点RSRP差异较小,主要由直射信号叠加反射信号形成穿透差异。

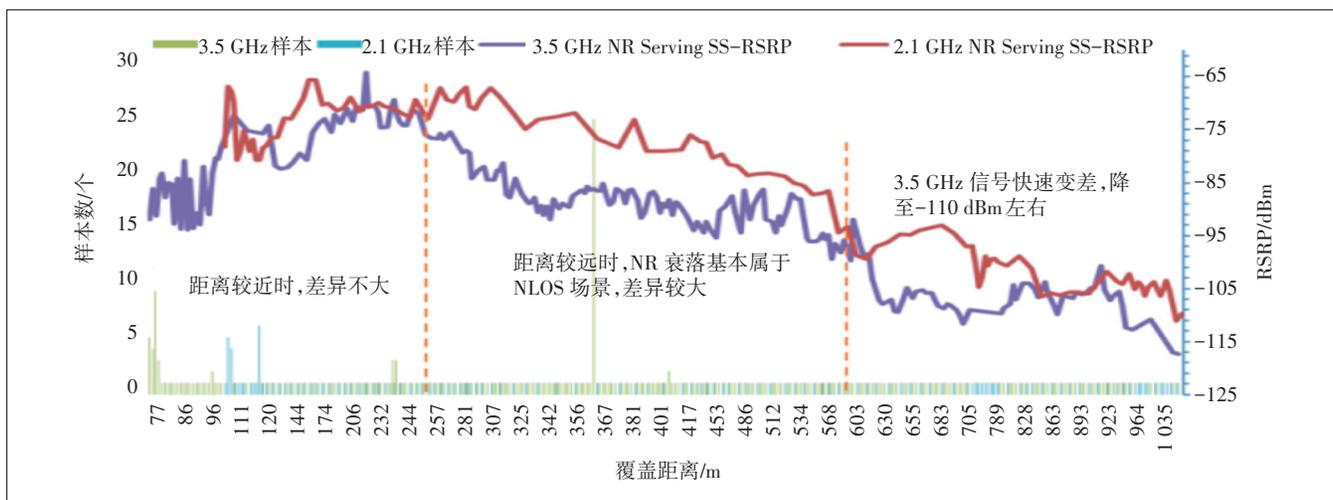


图6 DT测试信号强度与覆盖距离对比

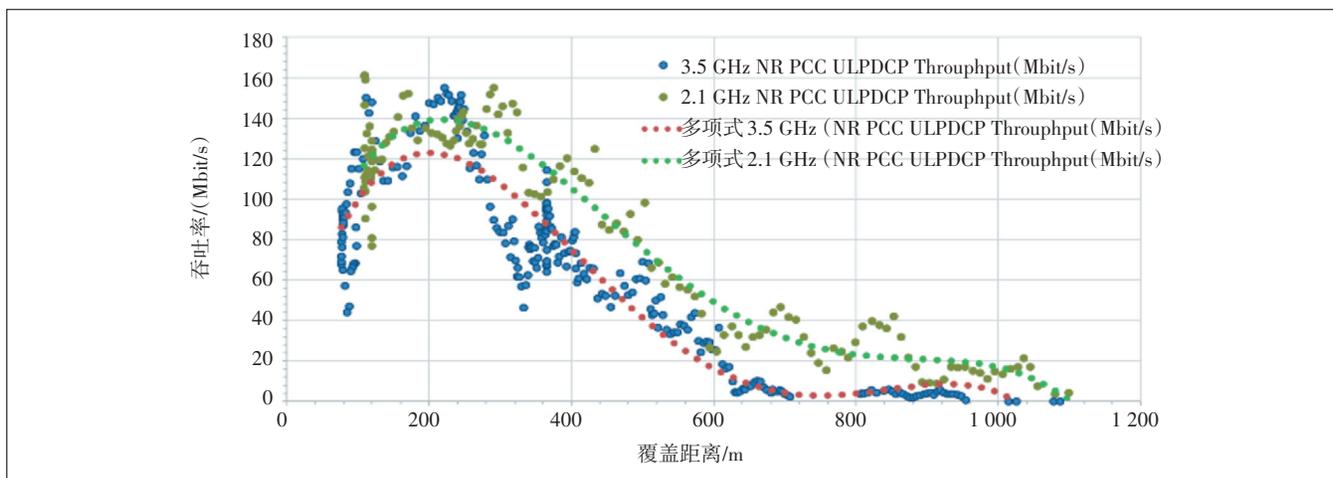


图7 DT测试上行速率与覆盖距离对比

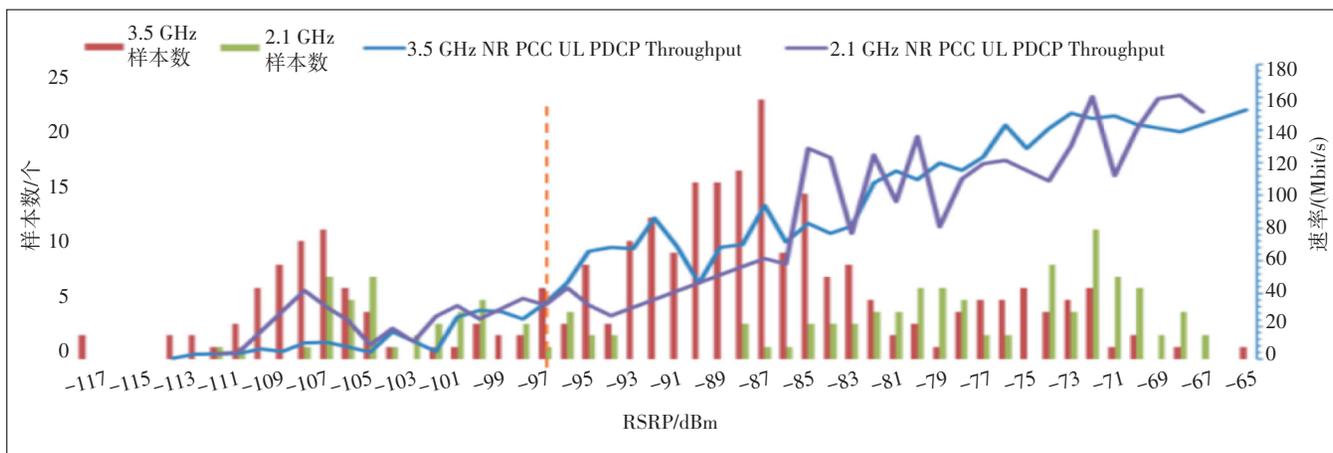


图8 DT测试上行速率对比

表4 室内测试结果

对比项目		200 m处			500 m处		
		门口	室内1	室内2	门口	室内1	室内2
RSRP/dBm	2.1 GHz 4TR	-72	-76	-81	-96	-93	-105
	3.5 GHz 8TR	-86	-98	-99	-99	-106	-105
SINR/dB	2.1 GHz 4TR	36	35	35	24	26	18
	3.5 GHz 8TR	31	21	19	19	13	14
下载速率/(Mbit/s)	2.1 GHz 4TR	189	191	192	179	168	121
	3.5 GHz 8TR	770	533	480	337	332	348
上传速率/(Mbit/s)	2.1 GHz 4TR	124	90	94	32	31	15
	3.5 GHz 8TR	61	27	10	19	5.68	3.54

b) 200 m处室内2个点的SINR差异明显;500 m处室内2个点的SINR差异较小,可能与天线不同及多径传播有关。

c) 200 m处2.1 GHz的各点下载速率接近,3.5 GHz的各点下载速率变化较大;500 m处2.1 GHz的各点下载速率差异变大,3.5 GHz的各点下载速率接近,可能与天线不同及多径传播有关。

d) 200 m处2.1 GHz的室内2个点的上传速率接近,3.5 GHz的室内2个点的上传速率差异较大。500 m处2.1 GHz的室内2个点的上传速率相差1倍,3.5 GHz的室内2个点的上传速率差异缩小,可能与多径传播有关。

#### 4 2.1 GHz 4TR与3.5 GHz 8TR选型指标建议

由于农村2.1 GHz及3.5 GHz网络尚处于建设初期,网络负荷较轻,现网数据不能完全体现2种制式的系统容量,因此以现网4G业务负荷为主要依据,以4G物理站址为单位,选取忙时单小区上下行流量、下行PRB平均利用率、RRC连接态平均用户数3个KPI,作

为2.1 GHz 4TR及3.5 GHz 8TR场景划分的依据,具体如下。

- a) 单小区上下行流量>10 GB。
- b) 下行PRB平均利用率>75%。
- c) RRC连接态平均用户数>50。

同时满足以上3个指标的站址建议采用3.5 GHz 8TR,其他站址建议采用2.1 GHz 4TR。

#### 5 总结

在当前可用频谱中,对平原农村进行5G覆盖,2.1 GHz 4TR设备在覆盖、成本及容量上具有明显优势,在站址规划和获取上与4G保持一致,能够实现5G的快速部署。而在个别高话务区,采用3.5 GHz 8TR,不仅成本低,而且具有带宽大、TDD上下行灵活配置等优点,能够发挥比2.1 GHz 4TR更好的效果。

#### 参考文献:

- [1] 满百鑫,马帅,张晓红,等. 青海5G共建共享2.1 GHz频率策略研究[J]. 长江信息通信,2021,34(5):179-181.
- [2] 张琨,张涛,邓正雄. 5G时代乡镇NR 2.1 GHz覆盖方案研究[J]. 湖南邮电职业技术学院学报,2021,20(1):1-4.
- [3] 张强,于克衍. 中国联通2.1 GHz FDD NR共享方案探讨[J]. 中国新通信,2020,22(20):7-8.

#### 作者简介:

何二朝,高级工程师,硕士,主要从事无线网络设计及规划工作;张慧丽,毕业于重庆大学,高级工程师,主要从事5G网络规划、通信新技术研究等工作;陈乐,毕业于北京邮电大学,工程师,主要从事移动网络规划设计等工作;王双锁,毕业于河北经贸大学,高级工程师,主要从事移动网络规划设计、通信新技术研究等工作;初彦萍,毕业于河北经贸大学,高级工程师,主要从事通信网络和通信基础设施的规划设计等工作。