5G与4G主用频段空口损耗

Analysis on the Passloss Difference in Main Frequency Band Between 5G and 4G

差异浅析

南作用¹,钟志刚¹,王一骢²(1.中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;2.中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河 南 郑州 450007)

Nan Zuoyong¹, Zhong Zhigang¹, Wang Yicong² (1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

针对5G与4G网络规划中覆盖差异及损耗问题,通过理论分析和精确、严格的 测试,对5G网络主用频段3500 MHz与4G网络主用频段1800 MHz进行了对 比,得出5G与4G网络天线口EIRP相同的情况下的空口损耗差异,较现有引用 的方法修正了约5.39 dB,并提出该差异值的计算和测试方法及应用建议,为 5G/4G的网络方案及策略的制定提供参考。

仿真;5G;LTE;网络;规划

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.08.001

文章编号:1007-3043(2020)08-0001-05

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:

Aiming at the problem of coverage difference and loss in 5G and 4G network planning, it compares the main frequency band 3 500 MHz of 5G network with 1 800 MHz of 4G network through theoretical analysis and precise and strict test, and obtains the passloss difference under the same EIRP of 5G and 4G network antenna port, which is about 5.39 dB modified compared with the existing methods, and puts forward the calculation and test methods and application suggestions of the difference value standard, which provides reference for 5G / 4G network scheme and strategy.

Keywords:

Simulation; 5G; LTE; Network; Planning

引用格式:南作用,钟志刚,王一骢.5G与4G主用频段空口损耗差异浅析[J].邮电设计技术,2020(8):1-5.

1 概述

2019年6月6日,工信部正式向中国电信、中国移 动、中国联通、中国广电发放5G商用牌照,标志着我国 5G 移动通信网络正式进入建设元年。除5G 网络典型 技术外,各大运营商均基于4G现网站址和结构进行 5G 网络的规划建设。因而5G 网络规划建设面临的最 大问题是5G网络所采用3.5 GHz核心频段下的射频 网络覆盖特性与现有4G网络的差异。

针对5G射频网络而言,首次引入了3.5 GHz频段

收稿日期:2020-07-01

和 4.9 GHz 频段, 后期也会考虑引入毫米波。随着移 动通信向高带宽、高容量、超低时延、大连接的方向演 进,引入高频段是不可避免的。在此情况下,针对5G 网络,更需要对高频网络下电磁传播特征以及与现网 频段特性差异,特别是直射、衍射、反射、透射、散射等 射传播频特征进行研究。这直接决定运营商5G网络 规划的方向以及5G网络最终的性能和用户业务感知。

运营商在规划 5G 网络时,通常都要和4G 现网链 路级性能进行对比和评估,具体如表1所示。

表1是具有典型代表意义的4G、5G链路差异预算 表。从表1可以看出,造成这种差异的原因主要有以 下2类。

双 1 30号 40 约相			
链路参数	1.8 GHz 4R	3.5 GHz 64TR NR	链路差异/dB
UE发射功率/dBm	23	26	3
天线单元增益/dB	17	10	-7
RB数	48	160	-8.2
解调门限	MCS7	MCS2	13.2
跳线及连接损耗/dB	0.5	0	0.5
噪声系数	2.3	3.5	-1.2
干扰余量	5	3	2
阴影衰落	8	9	-1
频段传播差异	1.8 GHz	3.5 GHz	-5.7
穿透损耗/dR	14	20	-6

表1 5G与4G网络规划链路预算差异表(常规)

- a) 技术因素,如5G采用的MassiveMIMO、发射功率等参数。
- b) 5G 引用新的更高的 3.5 GHz 频段带来的空中 损耗差异。

其中针对技术因素,基于实验室算法/测试,通过 链路级预算已经可以较为精确地估算和确定,其精确 度差异往往在dB级,且网络配置如果确定,其链路影响基本确定,相对简单。

针对频段空口损耗差异,虽有理论计算方法,但 5G移动通信业务场景多为低空地面覆盖网络,受建筑体、山体、树木等影响,其实际损耗值与理论计算有较大差异。本文将结合理论分析与实际精准测试,给出 5G与4G承载核心频段带来的空中损耗差异,供规划及设计参考。

2 理论分析

2.1 问题分析

目前,5G网络建设中引入3500 MHz频段,而4G核心频段为1800 MHz,较之前2G引入3G或3G引入4G而言,频段上出现大幅度变化,如表2所示。

表2 现有网络与新建网络频段差异

新建网络	现有网络	现有网络频段/ MHz	规划建设网 络频段/MHz	频段差异/ MHz
3G	2G	900/1 800	2 100	300
4G	3G	2 100	1 800	-300
5G	4G	1 800	3 500	1 700

5G引入的 3.5 GHz 高频段原为 C 频段卫星/微波使用频段,因其高频特征主要用于视距通信。而在移动通信网络中,往往用于地面、建筑全覆盖,大部分属于地面网络下的非视距通信。而这样应用场景下的

电磁波传播的技术经验和技术积累非常少。

为此,需要从理论及实践测试2个方面确定其空口损耗上的差异,以便更好地在链路预算评估及网络建模仿真时进行更为科学、合理地应用。

2.2 自由空间损耗理论计算

自由空间电磁波传播损耗计算是电磁传播计算 的基础,可由式(1)计算:

$$L_s=32.45+20 \times \lg f + 20 \times \lg d$$
 (1)

式中:

Ls---自由空间损耗(dB)

F----载波频率(MHz)

d——传播距离(km)

注意,这里自由空间传播是指天线周围为无限大真空时的电波传播,该环境定义的是电磁波传播的理想传播环境。在该环境下,电磁波在传播时,其能量既不会被障碍物所吸收,也不会产生反射、散射或折射等。其主要表明电磁波在理想空间传播时能量扩散特征。

受建筑体阻挡、反射、折射、吸收透射,山体反射及阴影阻挡,城市环境的树木绿植的吸收投射、阻挡反射等的影响,目前5G、4G移动网络传播环境与自由空间传播存在明显差异。

目前 5G 移动通信网络多采用基于自由空间损耗 公式来评估频段差异,具体如下:

$$L_{3.500}$$
- $L_{1.800}$ =20×lg 3 500-20×lg 1 800 (2) 式中:

 $L_{3.500}$ 与 $L_{1.800}$ ——5G 网络 3 500 MHz 与 4G 网络 1 800 MHz 频率引起的损耗

根据式(2)得出,其频率差约为5.78 dB,与表1中常用的链路损耗差异数值基本一致。目前,较多的链路级评估采用该值进行评估。显然,其与实际电磁波传播环境存在重大偏差。

2.3 经验传播模型启示

基于大量数据的统计特征形成的经验传播模型 是移动通信网络规划、设计、建设优化必备的基本工 具。目前,使用最为广泛的电磁传播模型为Okumura 模型。

该模型得名于奥村,其在20世纪60年代日本东京,基于不同频率、不同天线高度、不同距离等无线电磁传播的特征因素进行大量数据测试,基于数学统计,得出对无线信号传播损耗进行估测的经验模型。

在Okumura模型的基础上,以市区传播模型作为

标准,对其他区域进行了修正,进一步提升预测的精 确程度。形成了Okumura-Hata模型,其简化表达式 为:

$$L=A_1+A_2\times \lg f+A_3\times \lg h_{\mathrm{BS}}+(B_1+B_2\times \lg h_{\mathrm{BS}}+B_3\times h_{\mathrm{BS}})\times \\ \lg d-a(h_{\mathrm{m}})-C_{\mathrm{clutter}}$$
 (3)

式中:

 $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ ——Hata 参数

f──频段(MHz)

 h_{RS} ——有效的基站天线高度(m)

d——收发机之间的距离(km)

a(h,,)——移动终端天线高度修正函数

C_{clutter}——地貌修正函数

频率损耗特征公式为:

$$L_f = A_2 \times \lg f$$
 (4)

经过一些测试与校正,得出900 MHz与1800 MHz 的 A, 典型值分别为 26.16 和 27.50。

基于理论计算和经验模型可以得出900 MHz与 1800 MHz 网络空口损耗不同算法理论计算值,如表3 所示。

表3 900 MHz与1800 MHz空口损耗不同算法理论计算值

频段/项目	自由空间理论	经验模型默认值	测试修正值
900 MHz	59.08	77.28	77.28
1 800 MHz	65.11	85.16	89.52
差异	6.02	7.87	12.24

由于该模型频段适用范围的限制,此处使用900 MHz和1800 MHz重在说明频段差将影响A。的取值, 以此类推可得到 1 800 MHz 与 3 500 MHz 的空中损耗 差异。从表3可以看出:

- a) 自由空间与移动环境下,不同频率引起的损耗 有所增加,表明不同频段的电磁波传播特性将影响 A, 的取值,这与相关的理论分析结论一致。
- b) 实际修正值较 60 年代东京测试等均有所增 加,表明该参数将随着无线环境阻挡等因素变化,会 相应增加修正系数。
- c) 基于现有 1 800 MHz、900 MHz 频率衰减特征 可以推出3500 MHz特征随着城市环境的不同,损耗 较自由空间计算值将更大。
- d) 该参数的修正应在严格环境下的现场测试得 出。
- e)由于该模型往往计算到1km外,目前5G覆盖 范围一般在1km内,故测试应重点关注在1km内,5G

特征覆盖区域内的数据特征。

3 无线测试环境搭建

3.1 现有测试方法缺陷分析

目前,3500 MHz与1800 MHz多基于试验网络进 行拉网/DT测试,该方式将引入其他因素,导致结果偏 差,具体如下。

- a) 测试区域内,5G与4G站点规模、位置、结构存 在差异。
- b) 同一站址的 5G 与 4G 站点挂高与具体安装位 置差异。
- c) 同一站址下5G与4G站点馈线及接头损耗、天 线配置、天线方向性图等存在差异。

以上因素,因为区域内站点往往量级较大,很难 针对单点进行细致、精确地修正,同时测试手机接收 性能差异也会影响结果的评估,而得出的5G与4G网 络覆盖的差异,可以用来做简要的评估,但无法进行 链路级性能的计算。

3.2 本文测试方法

针对常规测试存在的问题,此次测试采用在同一 位置架设同一高度的发射天线,并采用射频功率计分 别测试天线口功率差,还要考虑全向天线增益及方向 性图差异,满足发射端EIRP的统一。发射端发射30 kHz窄带 CW 信号。

在接收端,采用高精度高频数字扫频接收仪,同 时监测 1800 MHz 与 3500 MHz 窄带信号,以确保接收 端无其他因素导致的差异,如图1所示。

在这样的配置下,选择在国内一线城市,确定3个 站点进行测试,3个站点均位于该城市城区范围。

在结果处理时,充分考虑不同频段配置差异,并 对数据进行严格地均化、过滤,最终得出3500 MHz与 1800 MHz空中损耗的差异。

各测点的测试数据情况如表4所示。

从表4可以看出,本文在某一线城市城区环境选 择了典型的无线环境场景,并选择了3个具有代表性 的站点,对每个站点均进行了海量数据测采集,测试 路线涵盖站点下所有主要道路,满足常规意义上CW 测试无线环境及特征站点等相关要求。

3.3 测试结果及分析

针对以上3个站点的测试数据,按照位置进行不 同频段栅格化均化,再按照均化后的位置与站点位置 进行距离计算,最终得出距离站点不同位置下,3500

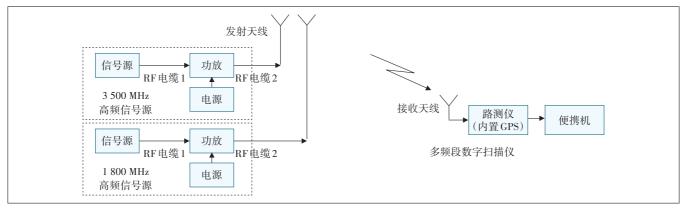


图 1 测试结构及设备方框图

表 4 900 MHz 与 1 800 MHz 测试数据量级统计

站点	频段/MHz	数据量级/点	
站点1	1 800	199 122	
	3 500	199 125	
站点2	1 800	189 784	
	3 500	189 785	
站点3	1 800	243 509	
	3 500	243 509	

MHz、1800 MHz的空中损耗差异。

为了更明显地显示其对数正态衰落特征,此次数据处理按照多个测点进行移动平均(图 2~图 4 中黑色曲线),如图 2~图 4 所示。可以从感性趋势角度再分析频段差异带来的损耗变化。表 5 给出了 900 MHz 与 1 800 MHz 空口损耗差异的量化统计。

从图2~图4以及表5可以得出:

a) 最终3个站点3500 MHz与1800 MHz空口损耗差异约为11.17 dB,较按照自由空间核算频率差(5.78 dB)修正约5.39 dB。该测试值可直接用于链路

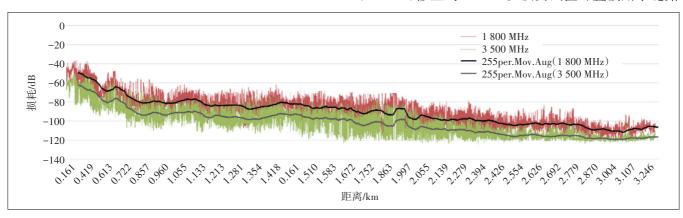


图 2 3500 MHz 与 1800 MHz 损耗与距离关系示意(站点 1)

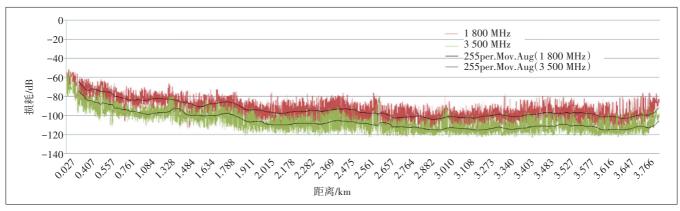


图3 3500 MHz与1800 MHz损耗与距离关系示意(站点2)

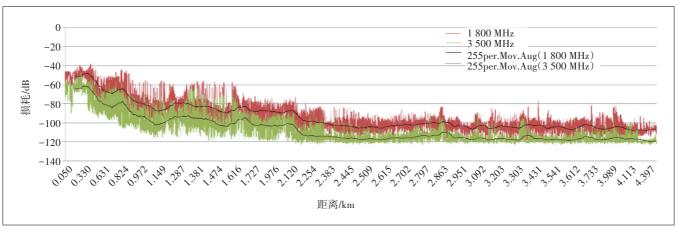


图 4 3 500 MHz 与 1 800 MHz 损耗与距离关系示意(站点 3)

站点	频段/MHz	天线口 EIRP /dBm	接收电平均值/ dBm	核定空口差异/ dB
1	1 800	47.83	13.11	11.95
	3 500	46.67		
2	1 800	47.83	11.45	10.29
	3 500	46.67		
3	1 800	47.83	12.43	11.28
	3 500	46.67		

表 5 900 MHz 与 1 800 MHz 口空损耗差异一览

评估及预算中。

- b) 从图 2~图 4 中趋势可以看出, 3 500 MHz 与 1800 MHz 频段的慢衰落特征与距离呈规则递减,且 建筑物影响、衍射/发射特征,2个频段差异整体呈规则 变化,局部快衰特征存在一定差异。故从长远来看, 频段影响估算或预算时可以直接采用11.17 dB的差 值,而具体站点/扇区级的仿真预测,还应进行详细的 建模计算。
- c) 使用中,如进行严格的CW模型校正,采用三维 射线跟踪模型或传统的统计模型,均已经考虑相关频 段影响,估算中如要进行覆盖距离计算则直接用电磁 传播模型来计算,而估算电平级可直接应用测试值 11.17 dB, 如建模仿真, 则建议使用严格校正的模型来 预测计算。

4 总结

本文详细分析了5G3500 MHz与4G1800 MHz 频段损耗差异问题。针对该问题,本文结合理论分析 与实际精准测试,给出5G与4G承载核心频段带来的 空中损耗差异,供相关的方案规划及设计参考。

参考文献:

- [1] 移动通信基站工程技术规范: YD/T 5230-2016[S]. 北京:北京邮 电大学出版社,2016:9-19.
- [2] 电磁环境控制限值:GB 8702-2014[S]. 北京:中国环境科学出版 社,2014:3-4.
- [3] 姚颖,武攀峰,陆炜.移动通信基站架设方式对地面电磁辐射分 布的影响[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(6):64-67.
- [4] 李新. 基于5G超密集组网的规划与设计[J]. 电子测试,2018(4).
- [5] FORSK. Atoll User Manual Radio 3.4.0 [EB/OL]. [2020-03-13]. https://downloads.forsk.com/atoll-34.html.
- [6] FORSK. Atoll User Manual Microwave 3.4.0 [EB/OL]. [2020-03-13]. https://downloads.forsk.com/atoll-34.html.
- [7] FORSK. Model Calibration Guide 3.4.0 [EB/OL]. [2020-03-13]. https://downloads.forsk.com/atoll-34.html.
- [8] FORSK. Technical Reference Guide Radio 3.4.0 [EB/OL]. [2020-03-13]. https://downloads.forsk.com/atoll-34.html.
- [9] FORSK. Technical Reference Guide Microwave 3.4.0 [EB / OL]. [2020-03-13]. https://downloads.forsk.com/atoll-34.html.
- [10] FORSK. SPM Model Calibration [EB/OL]. [2020-03-13]. https:// downloads.forsk.com/technotes.
- [11] FORSK. Multi Technology LPWA Station Template [EB/OL]. [2020-03-13]. https://downloads.forsk.com/technotes.
- [12] 袁建国.自由空间模型损耗计算详细说明[EB/OL]. [2020-03-13]. https://blog.csdn.net/u012977050/article/details/78487875.
- [13] FORSK. SPM Model Calibration [EB/OL]. [2020-03-13]. https:// downloads.forsk.com/technotes.

作者简介:

南作用,高级工程师,主要研究方向为移动通信网络、卫星通信咨询规划咨询;钟志刚, 中讯邮电咨询设计院有限公司副总工程师、总工办主任,教授级高级工程师,主要从事 微波通信、卫星通信和移动通信领域的工程咨询、规划、设计和研究等工作;王一骢,中 讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司副总工程师,高级工程师,主要从事移动通信工 程咨询、规划、设计和研究等工作。