

水域对5G网络质量的影响及对策研究

Research on Influence and Countermeasure of Water Area on 5G Network Quality

李永帆,谭继光,袁鹏(中讯邮电咨询设计院有限公司广东分公司,广东广州510627)

Li Yongfan, Tan Jiguang, Yuan Peng (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Guangdong Branch, Guangzhou 510627, China)

摘要:

当前5G网络覆盖日趋完善,网络质量的优化和提高愈发重要。地形地貌与无线电波传播损耗关系密切,针对水域环境对5G移动通信基站电磁波传输的影响进行分析,形成相应的应对策略,改善无线网络覆盖质量。

关键词:

地形地貌;水域;无线电传播;网络质量

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.10.002

文章编号:1007-3043(2022)10-0007-04

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:

At present, 5G network coverage is becoming more and more perfect, and the optimization and improvement of network quality is more and more important. Because of the close relationship between the terrain and the loss of the transmission of the radio wave, it analyzes the impact of the water environment on the transmission of the electromagnetic wave of the mobile communication base station, forms the corresponding application countermeasures, and improves the coverage quality of the radio network.

Keywords:

Terrain; Water environment; Transmission of the radio wave; Network quality

引用格式:李永帆,谭继光,袁鹏. 水域对5G网络质量的影响及对策研究[J]. 邮电设计技术, 2022(10): 7-10.

1 研究背景

在移动通信无线电波的传播环境中,地形地貌对于无线电波传播影响较大,山区、平原、水域等不同地形地貌影响着无线电波传播模型,影响着无线电波的传播损耗;因此有必要研究地形地貌对移动通信基站电磁波传输的影响大小,以及对移动通信质量的影响。本文基于某市的实际情况,研究水域(含林木)对5G网络质量的影响。

2 水域对无线电波传播的影响分析

2.1 水域对无线电传播影响理论分析

收稿日期:2022-08-05

在规划、建设和优化一个移动通信网时,无线电波的覆盖范围必须依靠对电波传播特性的研究和据此进行的场强预测。无线传播模型用于预期无线电波传播路径上的路径损耗,对于水域地貌,无线电波的理论传播模型总体路损公式如下:

$$L = L_b + K_{street} + S(a) + \begin{cases} K_s \\ K_h \\ K_{im} \\ 0 \end{cases} + K_{sp} + \begin{cases} 0 \\ R_u \\ Q_0 \\ Q_r \end{cases}$$

式中:

L_b ——Okumura-Hata模型中路径损耗公式

K_{street} ——街道校正因子

$S(a)$ ——建筑物密度校正因子

K_s ——海(湖)混合路径校正因子(见图1), K_h 为丘陵地校正因子, K_m 为孤立山峰校正因子

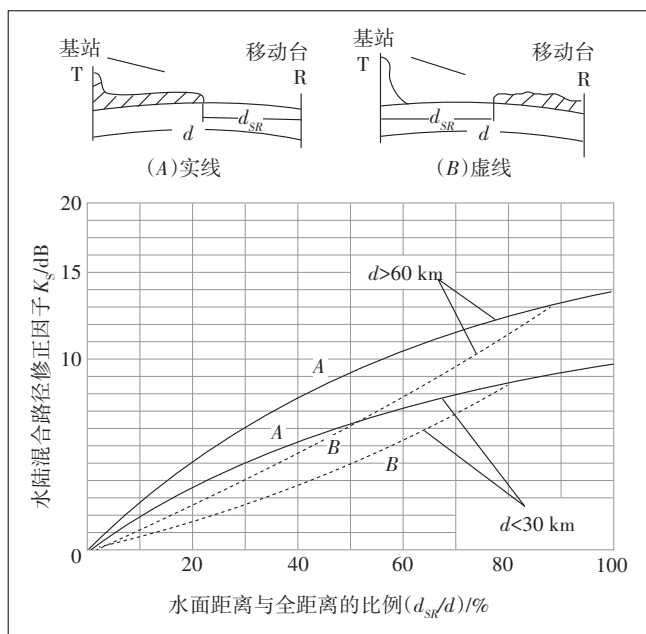


图1 海(湖)混合路径校正因子模型图

K_{sp} ——一般倾斜地形校正因子

R_u 、 K_m 、 Q_o 、 Q_r ——农村校正因子、郊区校正因子、开阔地校正因子、准开阔地校正因子

表1给出了水面长度占比与增益的对应关系。

表1 水面长度占比与增益的对应关系

水面长度占总长度比例/%	水面接近移动台	水面接近发射塔	水面长度占总长度比例/%	水面接近移动台	水面接近发射塔
	增益/dB	增益/dB		增益/dB	增益/dB
10	2.0	0.8	60	8.0	6.0
20	3.3	1.5	70	9.0	9.0
30	5.0	2.5	80	10.0	10.0
40	6.0	3.9	90	11.2	11.2
50	7.0	5.0	100	12.0	12.0

2.2 林木散射衰减分析

由于城市水域环境周围林木较多,因此在考虑水域对无线电波传播影响时,需要结合周边林木因素加以分析。

根据电磁波理论,若发射机和接收机之间存在边缘光滑的不规则物体,且物体尺寸与电波波长接近,则电波从物体边缘绕射;当电波传播路径上存在小于波长的物体,且单位体积内障碍物较多则会发生散射。由于中国联通室外5G网络主要采用3.5 GHz频段,波长约为9 cm,某市常见的小叶榕、洋槐、木棉等

树叶均小于该波长,因此5G信号穿越林木树冠会被树叶大量散射和吸收,造成信号衰减。

参考国外已有针对部分树木进行的衰减常数计算,具体是白杨树,槐树和法国梧桐,其含水量和介电常数如表2和表3所示。

表2 典型树木含水量

树种	树叶			树枝		
	大小	密度/(个/m ³)	含水量/%	大小/cm	密度/(个/m ³)	含水量/%
白杨树	a=5.1 cm, l=0.03 mm	300~600	66	r=2.0, l=50	3	54
槐树	a=1.5 cm, l=0.03 mm	6 000~10 000	59	r=2.0, l=50	3	52
法国梧桐	a=10 cm, l=0.025 mm	150~250	74	r=2.0, l=50	3	64

表3 典型树木介电常数

树种	频率/GHz	树枝	树叶
槐树	2.5	14.5938-j7.3477	17.1861-j8.3809
	3.0	14.1531-j5.3575	16.7154-j6.0947
	3.5	13.9600-j4.4581	16.5035-j5.1092
白杨树	2.5	15.6028-j7.7276	21.2089-j9.7250
	3.0	15.1498-j5.6483	20.7015-j7.1890
	3.5	14.9491-j4.7143	20.4623-j6.0839
法国梧桐	2.5	20.0123-j9.3113	24.3669-j10.7940
	3.0	19.5142-j6.8685	23.8335-j8.0199
	3.5	19.2836-j5.7976	23.5765-j6.8287

通过测试,得出的衰减常数如图2所示。从图2可以看出,衰减常数的大小主要取决于电波的频率及树叶和树枝的含水量,在中国联通5G网络频段,某市

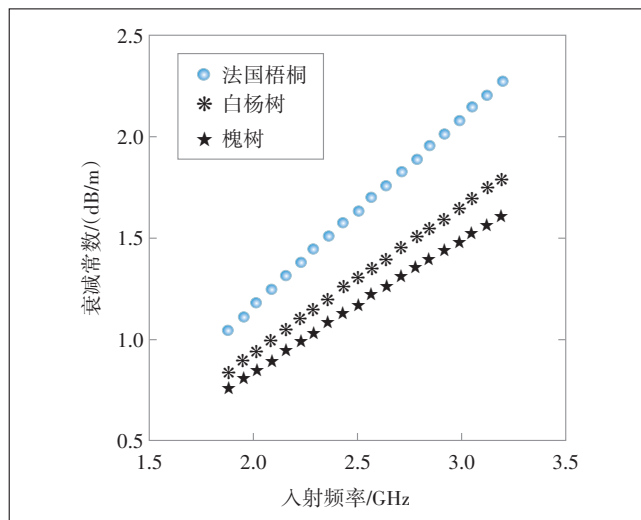


图2 典型树木的衰减常数

较为常见的洋槐在树叶大小和含水量上较为接近槐树,因此其衰减常数大约为1.7 dB/m。按照单排树木平均树冠宽度5~10 m来计算,根据林木衰减结果,有效阻挡带来的衰减可能在8.5~17 dB。

2.3 实际案例分析

以某市5G站点荔枝公园为例,该站点位于荔枝公园湖边,google截图如图3所示,站点方向角为0°/120°/240°,挂高为21 m。定位二扇区范围内水面及非水面方向的点共6个:A点,300 m;B点,600 m;C点,800 m;D点,900 m;E点,300 m;F点,600 m。

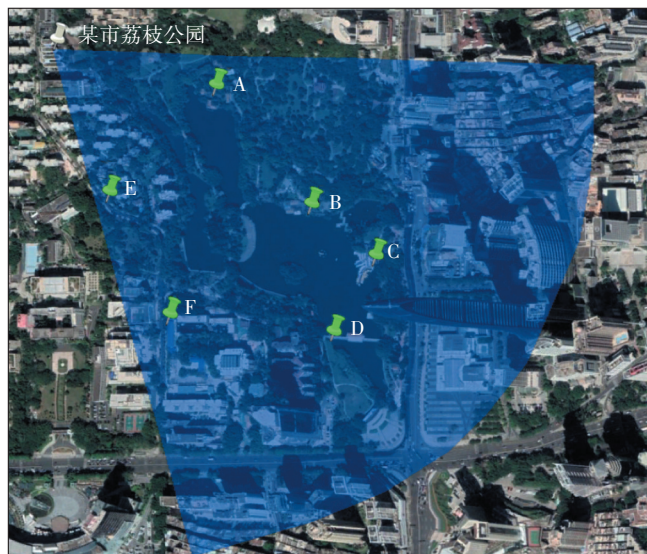


图3 某市荔枝公园站点示意图

首先根据理论公式进行路径损耗测算:

$$L_b = A1 - B1 - C1 - D1$$

式中:

A1——基站天线口发射功率, A1=基站发射功率(参考信号)-设备内损耗-天馈线及接头损耗+基站天线增益+塔放增益=12-3+(18)15=27(24),根据覆盖方向不同,天线增益取不同值。

B1——无线空间路径损耗(从基站天线口至手机天线口间路径),可根据 COST231-HATA 传播模型得出的路径损耗: $PL=46.3+33.9\lg f-13.82\lg H_b-a(H_m)+(44.9-6.55\lg H_b)\times\lg d$,水面方向 $a(H_m)$ 取开阔地因子,非水面方向根据建筑密度分别取市区或郊区因子,对于一般市区和密集市区: $a(H_m)=0.09\lg f-0.25$;对于郊区: $a(H_m)=2\times[\lg(f/28)]^2+5.4$;对于开阔地: $a(H_m)=4.78\times(\lg f)^2-18.33\times\lg f+35.94$

C1——手机损耗(手机天线口至接收机间), C1=设备内路由损耗-天线增益(取0)

D1——余量预留, D1=快衰落余量+慢衰落余量+干扰储备+人体损耗-系统增益+穿透损耗(取0)

根据理论公式进行总体耗损计算如表4所示。较小水面和普通地面相比较,理论计算差5 dB;大水面和普通地面比较,差值较大,对覆盖影响较大。

表4 理论公式总体损耗计算结果

点位	A	B	C	D	E	F
点位类型	较小水面	大水面	大水面	大水面	普通地面	普通地面
距离/m	300	600	800	900	300	600
A1/dBm	27	27	27	27	27	27
$a(H_m)$ /dB	12.5	27.92	27.92	27.92	0.05	0.05
B1/dB	110.2	105.82	110.4	112.27	122.64	133.68
天线方向角增益/dB	-3	-3	-3	-3	-3	-3
C1/dB	0	0	0	0	0	0
D1/dB	0	0	0	0	0	0
L_b /dB	-86.2	-81.82	-86.4	-88.27	-98.64	-109.68
K_{street} /dB	-7.6	-7.6	-7.6	-7.6	7.6	7.6
$S(a)$ /dB	-5	0	0	0	-5	-5
K_s /dB	7.5	10	10	10	0	0
K_{sp} /dB	0	0	0	0	0	0
区域修正因子/dB	0	0	0	0	0	0
接收电平/dBm	-91.3	-79.42	-84	-85.87	-96.04	-107.08

接下来通过路测,将实际测试数据与理论计算结果进行对比,结果如表5所示。

表5 实测与理论对比表

点位	A	B	C	D	E	F
点位类型	较小水面	大水面	大水面	大水面	普通地面	普通地面
距离/m	300	600	800	900	300	600
实测电平/dBm	-89.35	-108.03	-93.23	-92.45	-99.02	-109.15
理论计算/dBm	-91.3	-79.42	-84	-85.87	-96.04	-107.08
对比/dB	1.95	-28.61	-9.23	-6.58	-2.98	-2.07

对比发现,位置点C和D由于受到公园内树木的阻挡损耗,实际接收电平略小于预测值,而位置点B实测与理论差距较大,主要是由于该段路线被公园内建筑物遮挡,而其他路段是沿河路段,无遮挡,所以和理论计算基本一致。

由此可以得出,虽然水面有利于信号传播,但一个有效的遮挡就可以完全湮没水面对信号传播带来的贡献。

同时,位置点B和点F距离一样,实测电平接近,点F属于普通市区环境,点B的主要传播环境都是水

面,仅有公园内建筑物遮挡;可以得出,在存在有效遮挡的环境下,基本可以忽略水面因素,覆盖效果接近无水面的情况。

点A和点E与之前点B和点F位置关系类似,不同的是点A是水边道路,无有效建筑物遮挡。虽然点A和基站间水面占比较小(50%左右),但从实测和理论分析可以看出,点A电平比点E电平高10 dB(点A的水面增益理论计算值为7.5 dB),在该环境下,水面增益起了有效作用。点A和点E的位置和环境如图4所示。



图4 点A和点E的位置与环境示意图

3 水域对无线电波传播影响的应用对策

对于某市的水域而言,根据目前理论分析和测试情况,针对高层建筑,本身较易发生频率污染,而对于在水域边上的基站,在设计和优化时,应充分注意方向角和下倾角的规划,避免天线主瓣无阻挡直射高层建筑方向的水面。

若水面周围无明显阻挡物(建筑物、高大树木),则在水边规划建设基站时需要考虑水面带来的传播增益,避免越区覆盖造成干扰,根据某市水域现状,市区(关内)水域基本分布在各大公园,周边建筑物和树木众多,可以形成有效阻挡,因此水面带来的影响不明显;但对于郊区(关外)水域,主要为各大水库和旅游景点的湖泊,周边无阻挡或阻挡较少,水面带来的影响相对明显,规划站址时需充分考虑水面增益。

对于郊区(关外)水面,主要有效阻挡物为树木,按照单排树木平均树冠宽度为5~10 m来计算,根据林木衰减结果,有效阻挡带来的衰减可能在8.5~17 dB,根据湖海校正因子,不能完全抵消水面距离占80%以上带来的增益。

因此若水面周边阻挡物很少时,需要充分考虑水面带来的增益,若水面周边存在阻挡物时,可根据阻挡物的衰耗情况考虑水面影响。

对于占传播距离80%以上的水面,在规划时就需要考虑周边阻挡情况,根据阻挡情况适当调整功率、下倾角、方向角等参数优化网络覆盖。

4 水域对无线电波传播影响的结论

经过理论计算、水域周围站点测试和理论对比分析,可以得出如下结论。

a) 若水面接近接收机,则长度占比10%(水面长度和基站与手机总距离之比)以下的水面,带来增益小于2 dB,对网络的影响可以忽略。

b) 若水面接近发射塔,则长度占比30%以下的水面,带来的增益小于2.5 dB,对网络的影响较小。

c) 水面对传播贡献的作用远小于近接收机端的有效遮挡带来的影响。

d) 在近接收机端无有效遮挡的情况下,长距离水面对信号传播有10 dB左右的增益,由于受到水边林木散射衰减,较大水面带来的增益有所下降。

通过研究水域对无线网络质量的影响,能够对无线基站在特殊地貌环境下的站址规划和网络优化起到指导作用。

参考文献:

- [1] 杨燕. 浅析移动通信网络中的QoE[J]. 电信科学, 2007, 23(8): 34-38.
- [2] 刘立国,王海松,史晓新,等. 树冠中电波传播路径损耗的研究及模型的建立[J]. 电波科学学报, 2006, 21(6): 910-914.
- [3] 吴剑锋,张欣,吴志忠. 移动通信在树林中的电波传播特性[J]. 南京邮电学院学报(自然科学版), 2001, 21(1): 37-42.
- [4] 3GPP. Speech codec speech processing functions; Adaptive Multi-Rate-Wideband (AMR-WB) speech codec; Transcoding functions: 3GPP TS 26.190[S/OL]. [2022-04-24]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [5] 3GPP (3rd Generation Partnership Project) [EB/OL]. [2022-04-24]. https://blog.csdn.net/Rong_Toa/article/details/88626245.
- [6] 3GPP. System architecture for the 5G System (5GS): 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2022-04-24]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [7] 3GPP. Procedures for the 5G System (5GS): 3GPP TS 23.502[S/OL]. [2022-04-24]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

作者简介:

李永帆,工程师,主要从事移动网络规划与设计工作;谭继光,高级工程师,主要从事移动网络规划与设计工作;袁鹏,高级工程师,主要从事移动网络规划工作。