

基于Uma-NLOS传播模型的 5G NR链路预算及覆盖组网方案

5G NR Link Budget and Networking Solution Based on Uma-NLOS Propagation Model

曾云光,黄陈横(广东省电信规划设计院有限公司,广东 广州 510630)

Zeng Yunguang, Huang Chenheng (Guangdong Planning and Designing Institute of Telecommunications Co., Ltd., Guangzhou 510630, China)

摘要:

通过分析5G网络关键技术特点及其对覆盖性能影响,提出了5G无线网络规划中基于3GPP Uma-NLOS传播模型的5G NR 3.5 GHz频段链路预算方法,针对Uma-NLOS模型给出了典型城区场景链路预算中关键参数的取值。进一步分析对比4G与5G NR的链路预算结果,并根据链路预算结果提出与4G共存下,5G初期的覆盖组网策略,为5G网络规划提供重要依据。

关键词:

5G; Uma-NLOS; 传播模型; 链路预算; 网络规划
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.03.006
中图分类号: TN929.5
文献标识码: A
文章编号: 1007-3043(2019)03-0027-05

Abstract:

By analyzing the key technical features of 5G network and its impact on coverage performance, a 5G NR 3.5 GHz downlink budget method based on 3GPP Uma-NLOS propagation model on 5G wireless network planning is proposed. For the Uma-NLOS model, the key parameters in the link budget of typical urban scenes are given. The link budget of 4G and 5G NR is further analyzed and compared. Based on the result of the link budget, a networking scheme is proposed in the earlier 5G era, which provides an important basis for 5G network planning.

Keywords:

5G; Uma-NLOS; Propagation model; Link budget; Network planning

引用格式: 曾云光,黄陈横. 基于Uma-NLOS传播模型的5G NR链路预算及覆盖组网方案[J]. 邮电设计技术, 2019(3): 27-31.

0 引言

移动通信网络之所以不断升级换代、性能不断提升,一方面是因为人们对于高性能移动通信服务的需求一直未被充分满足;另一方面移动通信系统的变迁来源于场景应用对技术的驱动,工业自动化、大规模物联网、智能家居、自动驾驶等服务都对网络提出了更高的要求,各行各业迥异需求迫切呼唤一种灵活、高效、可扩展的全新网络,故此5G应运而生。

随着2017年底5G第1个版本的发布,如何经济合

理地规划5G网络开始成为运营商商用首要解决的问题。网络规划是保障网络性能和确保投资回报的关键,因此必须对5G无线网络规划进行研究。5G网络规划的流程与3G、4G系统相似,包括网络规划需求分析、网络链路预算、规模估算、站址选择、覆盖容量仿真、无线参数规划等步骤。其中,链路预算能够获得网络覆盖范围,评估无线通信系统的覆盖能力,是网络建设初期的重要任务。链路预算的结果直接影响到网络建设成本和运营性能,对无线网络规划具有重要的指导作用。

本文主要针对5G无线网络规划中的链路预算进行研究,分析5G技术特征对覆盖的影响,提出了5G链

收稿日期: 2019-01-30

路预算方法,给出链路预算中解调门限、干扰余量等关键参数的获取方法和典型取值。根据所得到的5G系统上下行各信道覆盖范围,对系统覆盖特性与4G进行对比分析,为与4G共存下的5G网络规划提供重要依据。

1 5G关键技术对覆盖的影响

与4G系统相比,5G系统具有更高峰值吞吐率(>10 Gbit/s/用户)、空口时延低于0.5 ms、低功耗大连接密度(连接数密度可达1 000 k/km²)、高移动性(可满足500 km/h)等特点。5G关键技术^[1]有:新型调制编码技术、新波形结构、Massive MIMO与高频大带宽组网相结合、超密集组网等。

1.1 新型调制编码技术

由于移动通信存在干扰和衰落,在信号传输过程中将出现差错,故对数字信号必须采用纠、检错技术,即纠、检错编码技术,以增强数据在信道中传输时抵御各种干扰的能力,提高系统的可靠性。信道编解码是无线通信领域的核心技术之一,其性能的改进将直接影响网络覆盖能力及用户传输速率,5G NR网络信令信道编码采用Polar Code^[2],数据信道编码采用LDPC Code^[3],LDPC采用优化算法具有强大的纠错能力、低编译码复杂度、高灵活性,Polar有着高可靠性、低编译码复杂度和纠错能力强,是一种能够达到香农定理极限的编码方法,这些编码技术的引入使得5G网络的用户体验有明显的提升,进一步提升了5G标准的竞争力。

1.2 新波形结构

基于OFDM优化的波形和多址接入^[4]是5G NR设计过程中最重要的一项决定,就是采用基于OFDM优化的波形和多址接入技术,OFDM技术具有高频谱效率和较低的数据复杂性,能够很好地满足5G要求,可实现多种增强功能,例如通过加窗或滤波改善频谱泄露,在不同用户与服务间提高多路传输效率,以及创建单载波OFDM波形等,实现高能效上行链路传输。

1.3 Massive MIMO与高频、大带宽组网相结合

由于引入Massive MIMO^[5]技术,5G网络可支持多用户波束智能赋型,减少用户间干扰,结合高频段毫米波技术,将进一步改善无线信号覆盖性能,提升数据速率及链路可靠性。多天线MIMO技术频谱效率比普通宏基站增加3~5倍,增加了网络覆盖的灵活性,运营商可以利用Massive MIMO的水平和垂直覆盖特性来提升不同场景下的覆盖能力。

1.4 超密集异构组网技术

随着各种智能终端的普及,数据流量将出现井喷式的增长,这使得超密集组网^[6]成为满足5G时代1 000倍流量需求的主要手段之一。超密集网络能有效改善网络覆盖,大幅度提升系统容量,并保障业务在各种接入技术和各覆盖层次间负荷分担,具有更灵活的网络部署和更高效的频率复用,提升用户感知。当然,愈发密集的网络部署也使得网络拓扑更加复杂,小区间干扰已经成为制约系统容量增长的主要因素,极大地降低了网络能效。

2 5G链路预算及组网方案

2.1 5G链路预算方法

链路预算^[7]是评估无线通信系统覆盖能力的主要方法,是无线网络规划中的一项重要工作,是通过对系统中下行(或前向)和上行(或反向)信号传播途径中各种影响因素进行考察,在满足业务质量需求的前提下,选择适当传播模型对系统的覆盖能力进行估计,获得保持一定通信质量下链路所允许的最大传播损耗。

图1给出了链路预算影响因子。

最大允许路径损耗 PL_{max} (dB):

$$PL_{max} = P_{Tx} - L_f + G_{Tx} - M_f - M_l + G_{Rx} - L_p - L_b - S_{Rx} \quad (1)$$

式中:

P_{Tx} ——基站发射功率

L_f ——馈线损耗

G_{Tx} ——基站天线增益



图1 链路预算影响因子

- M_f ——阴影衰落和快衰落余量
- M_i ——干扰余量
- C_{Rx} ——手机天线增益
- L_p ——建筑物穿透损耗
- L_b ——人体损耗
- S_{Rx} ——手机接收灵敏度

2.2 传播模型

参考文献[8]给出了室内热点办公区(InH-Office)、城市微蜂窝街道(UMi-Street Canyon)、城市宏蜂窝(Uma)、农村宏蜂窝(RMa)4种场景,每类场景又分非视距(NLOS)和视距(LOS)场景共8种传播模型,本文分析Uma-NLOS场景下最大允许路径损耗,Uma-NLOS传播模型如表1所示。

表1 Uma-NLOS传播模型

场景	传播模型	适用范围
LOS	$PL_{UMa-LOS} = \begin{cases} PL_1 & 10 \text{ m} \leq d_{2D} \leq d'_{BP} \\ PL_2 & d'_{BP} \leq d_{2D} \leq 5 \text{ km} \end{cases}$ $PL_1 = 28.0 + 22 \lg d_{3D} + 20 \lg f_c$ $PL_2 = 28.0 + 40 \lg d_{3D} + 20 \lg f_c - 9 \lg (d'_{BP}{}^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2)$	$1.5 \text{ m} \leq h_{UT} \leq 22.5 \text{ m}; h_{BS} = 25 \text{ m}, \sigma = 4 \text{ dB}$
NLOS	$PL_{UMa-NLOS} = \max(PL_{UMa-LOS}, PL'_{UMa-NLOS})$ $PL'_{UMa-NLOS} = 13.54 + 39.08 \lg(d_{3D}) + 20 \lg f_c - 0.6(h_{UT} - 1.5)$	$10 \text{ m} \leq d_{2D} \leq 5 \text{ km}; 1.5 \text{ m} \leq h_{UT} \leq 22.5 \text{ m}; h_{BS} = 25 \text{ m}; \sigma = 6 \text{ dB}$

各参数定义如下:

f_c ——工作频率(GHz)

h_{BS} ——基站天线有效高度(m),在本文的Uma模型中指定了基站高度为25 m

h_{UT} ——移动台天线有效高度(m)

d_{2D} ——基站与移动台水平距离(m)

d_{3D} ——基站天线与移动台天线直线距离(m)

2.3 5G链路预算参数设置

5G链路预算各参数设置及输入条件如表2所示。

表2 5G NR链路预算参数设置

参数	取值
移动台最大发射功率/dBm	23
基站最大发射功率/dBm	50.8(120 W)
系统带宽/MHz	100
阴影衰落余量/dB	9
穿透损耗/dB	26
时隙配置(DL:UL)	3:1
mTmR	64T4R
边缘速率/(Mbit/s)	UL:1, DL:10
区域覆盖概率/%	95.36
干扰余量/dB	UL:2, DL:7

2.4 5G链路预算结果

表3为5G NR 3.5 GHz频段不同信道链路预算结果。从表3可以看出,NR 3.5 GHz上下行差距达到13.65 dB,网络覆盖范围上行受限,且受限于上行PUSCH信道。

2.5 LTE 1.8 GHz与NR 3.5 GHz覆盖对比

LTE 1.8 GHz与NR 3.5 GHz参数设置情况如表4所示。两者均使用本文的Uma-NLOS模型。

LTE 1.8 GHz与NR 3.5 GHz覆盖对比如表5所示。

从表5可知:在上行速率1 Mbit/s的95.4%面覆盖率下,LTE 1.8 GHz 4R覆盖半径约是NR 3.5 GHz网络的2倍左右,因此相同的覆盖率下需要更多的5G基站(约为4G网络基站数量的4倍),才能满足覆盖需求。

2.6 与4G共存下的5G覆盖组网方案

从第2.5节的计算结果可以看到,3.5 GHz频段下5G NR上行覆盖受限,主要受终端功率受限影响,考虑到未来5G推出后的一段时间内上下行业务速率要求仍存在不对称的情况(下行速率要求远高于上行),为保持现有网络结构不变、减低建网成本,使得运营商能在4G现网站点上快速叠加部署5G,可采用上下行解耦(SUL)的方式解决存在上行覆盖瓶颈的问题(见图2),即上行利旧LTE设备,重耕1.8 GHz FDD部分带宽为NR提升覆盖,下行则在3.5 GHz频段部署5G NR。

因此,不同场景需采用不同的5G部署策略(见图3)。

a) 密集市区、普通市区热点上下行均采用3.5 GHz的5G NR。

b) 市区深度覆盖、郊区、县城采用上下行解耦方式部署。

c) 农村采用NR与LTE双连接(DC),部分广覆盖物联网LPWA业务按需重耕部署5G NR,共享800 MHz/1.8 GHz/2.1 GHz。

3 结束语

本文结合3GPP Uma-NLOS传播模型分析了5G无线链路预算,给出了3.5 GHz下5G NR不同信道的MAPL,并与1.8 GHz FDD LTE进行对比,结果表明受限于上行终端功率,相同的边缘速率下5G的覆盖半径仅为4G的一半,在维持现有运营商现网站点不变的前提下本文提出了上下行解耦的方式扩大5G的上行覆盖,给出了与4G共存下5G建网初期不同场景下的组

表3 3.5 GHz 5G NR链路预算结果

链路配置	Uplink					Downlink				
场景类型	普通市区									
信道配型	PUSCH	PUCCH	PRACH	SRS	SRS	PDSCH	PDCCH	PBCH	SCH	
应用场景	eMBB 64T64R									
系统带宽/MHz	100									
时隙配置 (DL:UL)	Sub3.G/28:10									
边缘速率/(Mbit/s)	1	-	-	-	-	10	-	-	-	
MIMO类型	1-Stream	-	-	-	-	1-Stream	-	-	-	
PRB分配数量	59	3	6	2	2	422	-	-	-	
发射机										
最大发射功率/dBm	23	23	23	23	23	50.8	-	-	-	
功率抬升/dB	0	0	0	0	0	0	3	3	3	
每RE发射功率/dBm	-5.50	7.44	4.43	9.20	9.20	12.65	15.65	15.65	15.65	
天线增益/dBi	0	0	0	0	0	10	10	10	10	
发射机端馈线损耗/dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
每RE EIRP/dBm	-5.5	7.44	4.43	9.2	9.2	22.65	25.65	25.65	25.65	
接收机										
SINR/dB	-16	-20	-23.19	-16.5	-14	-20	-18.79	-18.5	-19.2	
MCS	MCS:QPSK	-	-	-	-	MCS:QPSK	-	-	-	
接收机噪声系数/dB	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	7	7	7	7	
每子载波热噪声/dBm	-132.24	-132.24	-132.24	-132.24	-132.24	-132.24	-132.24	-132.24	-132.24	
接收机灵敏度/dBm	-144.74	-148.74	-151.93	-145.24	-142.74	-145.24	-144.03	-143.74	-144.44	
接收天线增益/dBi	10	10	10	10	10	0	0	0	0	
接收机端馈线损耗/dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
干扰余量/dB	2	2	2	2	2	7	7	7	7	
发射增益/dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
分集增益/dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
切换增益/dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
穿透损耗/dB	26									
额外树叶损耗/dB	0									
面覆盖概率/%	95.36									
阴影衰落余量/dB	9									
MAPL/dB	112.24	129.18	129.36	127.44	124.94	125.89	127.68	127.39	128.09	
传播模型 & 站间距	3GPP_Uma_NLOS_Sub6G									
频率/GHz	3.5									
eNodeB/UE 高度/m	1.5					25				
5G小区半径/m	176.66	479.31	484.42	432.61	373.36	394.85	438.77	431.34	449.50	

表4 LTE 1.8 GHz 与 NR 3.5 GHz 参数设置

参数	LTE 1.8 GHz	NR 3.5 GHz	参数	LTE1.8G	NR 3.5G
下行发射功率/dBm	49	50.8	干扰余量/dB	UL:3, DL:14	UL:2, DL:7
阴影衰落余量/dB	9	9	穿透损耗/dB	21	26
边缘速率/(Mbit/s)	UL:1, DL:4	UL:1, DL:4			

表5 LTE 1.8 GHz 与 NR 3.5 GHz 覆盖对比

链路预算	PUSCH			PDSCH		
	LTE 1.8 GHz 4R@1 Mbit/s	LTE 1.8 GHz 2R@1 Mbit/s	NR 3.5 GHz@1 Mbit/s	LTE 1.8 GHz 4R@4 Mbit/s	LTE 1.8 GHz 2R@4 Mbit/s	NR 3.5 GHz@10 Mbit/s
MAPL/dB	117.88	114.88	112.24	120.75	120.75	125.89
覆盖半径/m	346.2	290.1	176.7	409.9	409.9	394.9

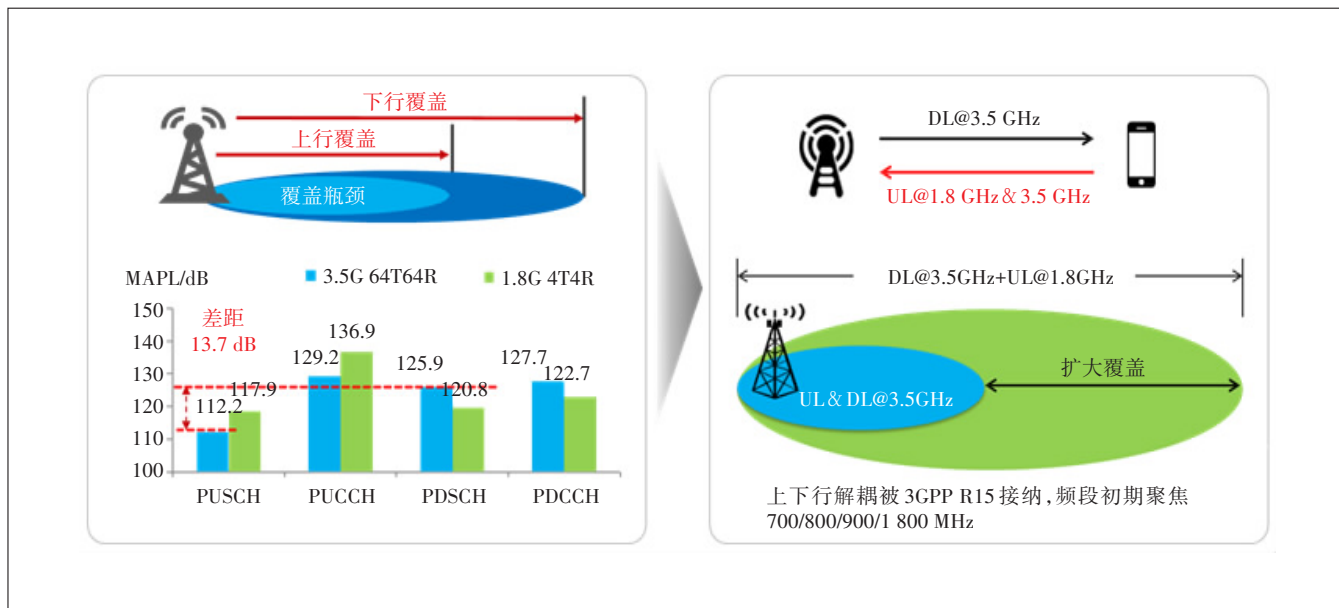


图2 上下行解耦

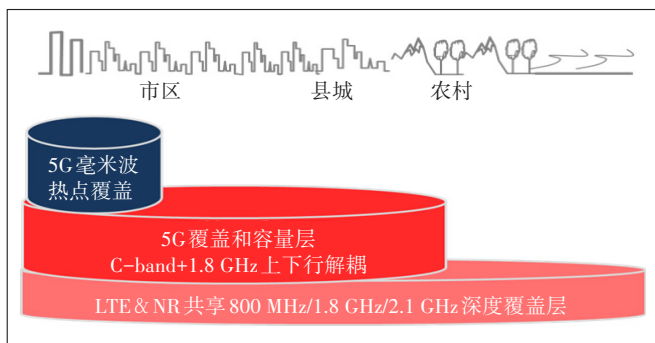


图3 5G覆盖组网方案

网方案,为5G网络规划提供重要依据。

参考文献:

[1] OSSEIRAN A, MONSERRAT J F, MARSCH P. 5G Mobile and Wireless Communications Technology [M]. Cambridge University Press, 2016.

[2] WASSERMAN D R, AHMED A U, CHI D W. BER Performance of Polar Coded OFDM in Multipath Fading [J/OL]. [2019-01-06]. <http://59.80.44.99/pdfs.semanticscholar.org/b108/45a2f6718a8c9b861d9e26026ebcb4c127ad.pdf>.

[3] Gamage H, Rajatheva N, Latva-aho M. Channel coding for enhanced mobile broadband communication in 5G systems [C]// European Conference on Networks & Communications. IEEE, 2017.

[4] CAI Y, QIN Z, CUI F, et al. Modulation and Multiple Access for 5G Networks [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, 20(1): 629-646.

[5] LARSSON E G, EDFORS O, TUFVESSON F, et al. Massive MIMO for Next Generation Wireless Systems [J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 52(2): 186-195.

[6] GOTSIS A G, STEFANATOS S, ALEXIOU A. Ultra Dense Networks: The New Wireless Frontier for Enabling 5G Access [J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2015, 11(2): 71-78.

[7] 韩斌, 彭木根. TD-LTE链路预算研究 [J]. 数据通信, 2011(1): 39-42.

[8] Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (Release 14): 3GPP TR 38.900 [S/OL]. [2019-01-06]. <ftp://3gpp.org/specs>.

[9] 卞文龙. 浅析5G链路预算与站址规划 [J]. 数字通信世界, 2018, No.162(6): 19+52.

[10] 黄小光, 董俊华, 汪伟, 等. 采用MassiveMIMO进行5G覆盖试点规划 [J]. 电信工程技术与标准化, 2017, 30(8): 50-54.

[11] 鲁照华, 张晓丹, 陈艺骥, 等. 未来毫米波移动宽带通信系统探析 [J]. 现代电信科技, 2013(10): 12-16.

[12] 刁兴玲. 频谱统一划分优势明显 高通将支持5G全频段部署 [J]. 通信世界, 2017(24): 24-25.

[13] 赵军辉, 杨丽华, 张子扬. 5G高低频无线协作组网及关键技术 [J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(3): 6-13.

[14] 程日涛, 张海涛, 王乐. 5G无线网络部署策略 [J]. 电信科学, 2018(S1): 1-8.

[15] 卞文龙. 浅析5G链路预算与站址规划 [J]. 数字通信世界, 2018, 162(6): 19+52.

作者简介:

曾云光, 毕业于湖北工业大学, 工程师, 主要从事移动网络咨询设计研究工作; 黄陈横, 毕业于中国科学技术大学, 工程师, 硕士, 主要从事移动网络咨询设计研究工作。

