

5G 网络规划

张卫刚 李树磊

天元瑞信通信技术股份有限公司, 陕西 西安 710075

[摘要] 本文分析了 5G 网络规划的流程, 重点分析了 5G 的覆盖能力、容量能力及相关参数, 并针对网络建设给出给出相关建议。移动无线网络建设的基础和前提就是无线网络规划, 网络规划的合理性和优劣性直接决定了网络的性能。尤其在 5G 网络即将大规模建设的前期, 5G 的网络规划研究极为重要。

[关键词] 5G 网络规划; 覆盖能力; 容量能力

DOI: 10.33142/sca.v2i2.319

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

5G Network Planning

ZHANG Weigang, LI Shulei

Tianyuan Credit Suisse Communications Technology Co., Ltd., Shanxi Xian, China 710075

Abstract: This paper analyzes the flow of 5G network planning, focuses on the coverage capacity, capacity and related parameters of 5G, and gives some suggestions for network construction. The foundation and premise of mobile wireless network construction is wireless network planning. The rationality and advantages and disadvantages of network planning directly determine the performance of the network. Especially in the early stage of large-scale construction of 5G network, 5G network planning research is very important.

Keywords: 5G network planning; Coverage capability; Capacity capability

1 网络规划流程 (见图 1)

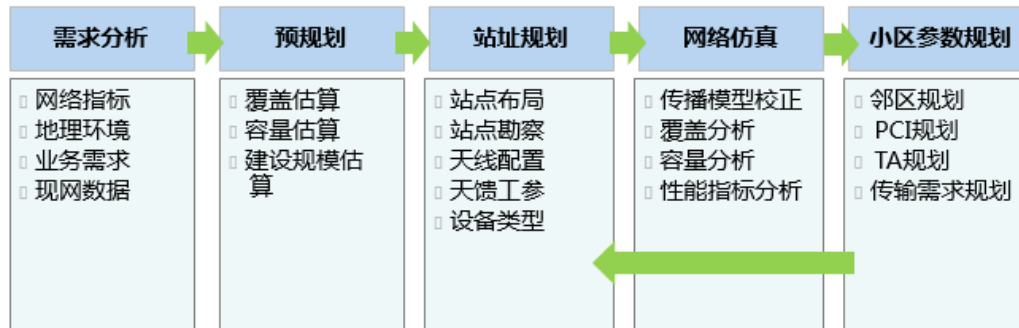


图 1 网络规划流程图

需求分析: 现有站址数据、现有边缘汇聚中心数据、地理信息数据、业务需求数据。

预规划: 借助针对网络建设的规模以及整体容量进行分析来判断网络建设的各项参数。

站址规划: 结合整个预算给予的参考参数, 结合现如今网络站址的实际情况实施站址的设置。

网络仿真: 对实际设计的方案加以全面的研究, 进而检查方案是不是能够达到既定的目标。

小区参数规划: 对小区和系统参数进行规划设置。

2 覆盖能力分析

2.1 覆盖规划基本流程

- (1) 制定覆盖指标参数
- (2) 编制传播形式
- (3) 利用链路预算参数对覆盖能力进行准确的判断
- (4) 结合站型对单个站点的覆盖范围加以确定
- (5) 利用方案覆盖范围面积除以一个站点的面积能够获得范围内的站点的数量

2.2 影响覆盖规划结果的主要因素（见图 2）



图 2 影响覆盖规划结果的主要因素图

2.3 链路预算模型

链路预算是指对通信链路中的增益与损耗进行核算。即计算在一个业务连接中、保持一定连接质量下，链路所允许的最大传播损耗，从而结合传播模型确定基站的覆盖范围（见图 3）。链路预算的结果将给出链路允许的传播损耗、据此结合传播模型可以定出单个基站的覆盖范围，结合要覆盖区域的大小，得出满足网络覆盖需求的基站数^[1]。

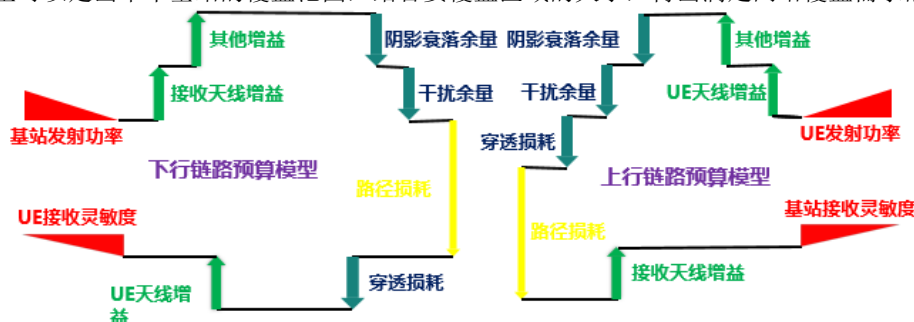


图 3 传播模型图

2.4 相关参数

2.4.1 系统参数

系统参数主要包含工作频段、工作带宽、覆盖场景（背景噪声）等参数。

➢工作频段：3.4GHz~3.6GHz、4.8GHz~5GHz；

➢工作带宽：100MHz；

➢主要为热噪声 $P=KTb$ 。其中 $K=1.38 \times 10^{-23}$ ， K 为波尔兹曼常数， T 为绝对温度， B 为系统带宽。

2.4.2 设备相关参数

基站发射功率：根据 3GPP 39.104 所定义，5G 基站的发射功率为：

BS class	Prated, c, AC
Wide Area BS	(Note)
Medium Range BS	< 38 dBm
Local Area BS	< 24 dBm
NOTE: There is no upper limit for the Prated, c, AC rated output power of the Wide Area Base Station.	

目前主流设备厂家基站的发射功率为 53dBm, 200W。

UE 发射功率：根据 3GPP 38.101 所定义，用户设备（UE）的最大发射功率为单天线 200mW, 23dBm。

2.4.3 设备相关参数

基站天线增益：5G 设备在 64T64R 的天线配置情况下，天线增益为 18dBi，基站侧天线分集增益 6.5dB，终端侧天线分集增益 2.5dB。

移动台天线增益：移动台天线增益为 0dB；

基站馈线及连接器损耗：5G 采用 AAU，馈线损耗为 0；

接收机噪声系数：从接收机发送信号的时候，接收机会造成信号的噪声的增加。设备的属性中噪声系数可以是较为重要的，各类设备的噪声系数也是存在一定的差异的。

2.4.4 环境相关参数

穿透损耗：根据 3GPP 38.901 所定义，2.6GHz 在频段穿透损耗为 21dB，3.5GHz 频段下穿透损耗为 25dB，4.9GHz 频段下穿透损耗为 28dB。

干扰余量：在 5G 3.5GHz 与 4.9GHz 频段下，所采纳的干扰余量为 3dB；

阴影衰落余量：为了确保具备需要的边缘覆盖率，需要为链路预算加以余量的设置，也就是阴影衰落余量，在针对链路预算实施计划的时候，各项参数都需要达到规范的标准范围^[2]。

2.5 传播模型

5G NR 协议 38.901 中提到了简化版的 UMi (Urban Micro)，UMa (Urban Macro) 和 RMa (Rural Macro) 三种无线传播模型。

Uma 模型如下：

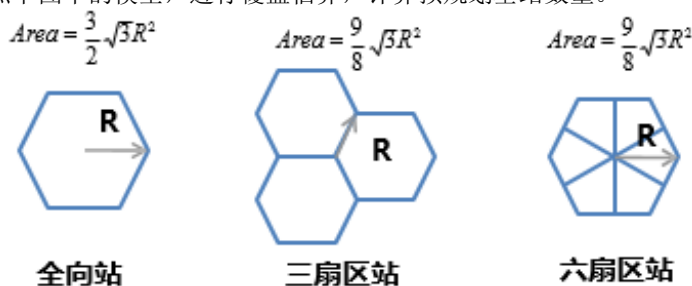
$$PL_{3D-UMa-NLOS} = 161.04 - 7.1 \log_{10}(W) + 7.5 \log_{10}(h) - (24.37 - 3.7(h/hBS)^2) \log_{10}(hBS) + (43.42 - 3.1 \log_{10}(hBS)) (\log_{10}(d3D) - 3) + 20 \log_{10}(fc) - (3.2 (\log_{10}(17.625))^2 - 4.97) - 0.6(hUT - 1.5)$$

2.6 链路预算结果

下表为链路预算的结果：

上行 1024kbps	2.6G	2.6G	3.5G	3.5G	4.9G	4.9G	1.8G LTE
	16T16R	64T64R	16T16R	64T64R	16T16R	64T64R	2T4R
	UMa	UMa	UMa	UMa	UMa	UMa	UMa
最大允许路径损耗 (dB)	147.39	149.39	147.39	149.39	147.39	149.39	142.44
穿透损耗 (dB)	21	21	25	25	28	28	20
小区半径 (公里)	0.26	0.29	0.17	0.20	0.12	0.14	0.32
站距 (公里)	0.39	0.43	0.26	0.29	0.18	0.21	0.47
每平方公里站数 (个)	8	7	17	14	35	28	6

根据链路预算结果，按照下图中的模型，进行覆盖估算，计算预规划基站数量。



网络制式	天线数量	频段 (Hz)	UMa 场景		RMa 场景	
			覆盖半径 (公里)	需要基站 数量	覆盖半径 (公里)	需要基站 数量
5G	16	2.6G	0.26	778	0.60	142
	64	2.6G	0.29	614	0.68	112
	16	3.5G	0.17	1698	0.41	304
	64	3.5G	0.20	1339	0.46	239
	16	4.9G	0.12	3426	0.32	501
	64	4.9G	0.14	2703	0.36	394
4G	2	1.8G	0.47	229	1.15	39

注：在 75% 边缘覆盖概率的条件下，UMa 场景与 RMa 场景 取 100 平方公里

3 容量能力分析

3.1 容量评估指标

RRC 连接用户数：小区最大激活用户数，其实质就是整个区域内的极限用户的数量；

小区峰值速率：小区最大容量，其实质就是小区内极限的容量大小；

小区平均吞吐量：所有小区吞吐量之和/小区数；

小区边缘吞吐量：基站小区边缘用户的整体平均速率；

3.2 理论峰值速率

计算方法 1：

理论峰值速率 = 带宽 × 频带利用率 × 最大频谱效率 × 开销比例 × 调制阶数 × 编码效率 × 误块率 × 上下行比例

以上下行时隙配比 1:3 为例：

	天线配置	带宽	频带利用率	开销比例	天线流数	调制阶数	码率	BLER	上下行比例	下行速率
下行	2T4R	100M	0.98	0.7	4	8 (256QAM)	0.91	0.95	0.75	1452.36
	4T8R	100M	0.98	0.7	8	8 (256QAM)	0.91	0.95	0.75	2904.72
	64T64R	100M	0.98	0.7	16	8 (256QAM)	0.91	0.95	0.75	5809.44
上行	2T4R	100	0.98	0.7	2	6 (64QAM)	0.89	0.95	0.25	177.56

计算方法 2：

理论峰值速率 = TBS × 上/下行子帧数 × 天线流数

100MHz 带宽配置理论峰值速率 (Mbit/s)			
DL: UL	1: 3	2: 2	3: 1
64T64R DL	10951	17393	23835
2T4R UL	604	403	201

3.3 可调度用户数

PDCCH 信道可调度用户数 (100M 带宽, 64T64R 天线配置)

$$\text{可调度用户数} = \frac{N_{REG} \times N_{RB} - N_{REG_PHICH} - N_{REG_PCFICH}}{N_{REG_CCE}} \times N_{DL}$$

NREG：每个 RB, PDCCH 的 REG 数, CFI 为 1 个取值 2, CFI 为 2 时取值 5, CFI 为 3 时取值 8; NREG_PHICH：PHICH 占用 REG 数, 取值 3*3(25) = 9;

NREG_PCFICH：PCFICH 占用 REG 数, 取值 4;

NDL: 1 个调度周期内下行子帧数量。

PDCCH 可调度用户数计算结果 (20ms 调度用户数)

	PDCCH 占 OFDM 符号数目		20ms 调度次数				20ms 调度用户数
			1CCE	2CCE	4CCE	8CCE	
2: 2	1	MAX	1416	696	336	168	432
		MIN	1224	600	288	144	372
	2	MAX	3576	1776	888	432	1106
		MIN	3408	1704	840	408	1053
	3	MAX	5032	2512	1256	624	1568
		MIN	4864	2424	1208	600	1512
3: 1	1	MAX	1888	928	448	224	576
		MIN	1632	800	384	192	496
	2	MAX	4768	2368	1184	576	1475
		MIN	4544	2272	1120	544	1404
	3	MAX	6952	3472	1736	864	2168
		MIN	6728	3352	1672	832	2093

4 参数分析

4.1 PCI 规划

物理小区 ID(PCI, Physical Cell ID)是系统中小区的标识。5G 系统的 PCI 码共 1008 个, 4G 系统 PCI 码共 504 个。

5G 网络中, PCI 规划要结合频率、DMRS 位置、天线端口、小区关系统一考虑, 才能取得合理的结果, 物理小区标识规划应遵循以下原则:

- 不冲突原则: 保证同频邻小区之间的 PCI 不同, 进而确保相互之间不会出现影响。
- 不混淆原则: 保证某个小区的同频邻小区 PCI 值不相等。

4.2 TA 区规划

TA (Tracking Area, 跟踪区): TA 是 5G 的核心网发送寻呼消息的区域, 属于移动性管理的概念。

TAI (Tracking Area Identity, 跟踪区标识): TAI 是由 PLMN 和 TAC 组成。TAI =MCC+MNC+TAC

TAI List (Tracking Area Identity List, 跟踪区标识列表): 在 5G 系统内, 为了减少 UE 的位置更新的信令开销, 进一步降低网络设备不必要的负荷, 引入了 TAI List 的概念, 促使整个系统的运行效率得到了明显的提升, 并且有效的推动了社会的快速发展。TAI List 的作用和规划思路非常类似于 4G 的 TAI List。

TA 区域的划分原则:

- TA 及 TAI List 规划应在地理上为一块连续的区域, 不能出现混乱搭配的问题, 避免和减少“插花”。
- TA 和 TAI List 的规模要适宜, TAI List 的最大范围由 MME 所能承受的最大寻呼负荷确定, 想要确定这个参数需要充分的结合实际情况加以判断。
- TAI List 的边界区域应位于话务量较低的区域, 尽量不要选择话务量高、人流量大的区域。
- 如果在划分 TAI List 时不能避开话务量高、人流量大的区域, 相邻的 TAI List 应在以上区域进行重叠。
- 应充分利用地理边界进行 TAI List 的划分:
 - 城郊与市区不连续覆盖时, 郊区(县)使用单独的 TAI List, 不规划在一个 TAI List 中。
 - 利用规划区域山体等作为 TAI List 边界, 减少两个 TAI List 下不同小区交叠的深度。
- 不同频带的基站规划为不同的 TA, 但 TAI List 应包含同一区域内不同频带的基站。
- 静态配置的 TAI List 方案中, TA 区域不重叠。
- TAI List 区划分后应调整 NG-RAN 节点归属, 使 NG-RAN 节点所属的 TAI List 区尽量少, 不多于 3 个。

4.3 邻区规划

5G 邻区通常会借助专业的形式来弯沉邻区的配给, 在实施邻区规划的时候需要遵照下列各项原则:

邻近原则: 其实质就是不进需要对空间存在的临近关系加以衡量, 并且需要对各个不相邻的区域的关系加以考虑, 一个平面相邻或者空间相邻的区域称之为邻区, 并且需要具备双向邻区的性质。

互易性原则: 通常情况下邻区基本条件是互为邻区的, 也就是相互之间都是对方的邻区。但是在一些特殊情况的时候, 会要求设置单向邻区^[3]。

邻区适当原则: 需要结合实际情况选择适当适量的邻区, 如果邻区数量较多势必会导致终端设备的负荷过大的不良后果。

5 总结

5G 网络规划可以为 5G 网络建设提供很好的依据, 对网络质量及建设成本起着重要的作用, 本文分析了 5G 网络的覆盖能力、容量能力以及网络参数, 给出了相关的建议, 还有很多内容未展开叙述, 如 5G IP 地址的规划、站址布局等, 需要在今后继续钻研^[4]。

[参考文献]

- [1] 攀延英. 5G 网络技术特点分析及无线网络的规划研究[J]. 数字通信世界, 2019(02): 59.
- [2] 姜杰. 5G 网络技术特点及无线网络规划[J]. 电子技术与软件工程, 2019(03): 4.
- [3] 徐湘寓, 崔颖强. 解读 5G 网络技术研究现状和发展趋势[J]. 信息技术与信息化, 2019(03): 25.
- [4] 孔德好. 5G 移动网络规划技术在智慧城市中的应用研究[J]. 现代信息科技, 2019(04): 60.

作者简介: 张卫刚(1981年5月), 职称: 中级工程师。