

基于场景化价值评估的 5G 无线网规划

李盛善¹ 龚舒¹ 李吉鹏¹

(¹中国移动通信集团青海有限公司, 青海省西宁市
城东区昆仑东路 48 号 邮编: 810000)

摘要: 近几年来, 移动通信技术高速发展, 消费者对于网络感知要求越来越高, 无线网络对于时延、速率、连接数要求较高。因此, 需要通过建设 5G 才能满足各行业多样化的通信需求。5G 通信技术具有更高的网络峰值速率、更高的频率功率谱密度、更短的空口时延技术、更高的能量效率、更低的用户体验速率等优点。运营商建设 5G 投资成本超 4G 较多, 因此研究 5G 网络精准规划, 对于提升网络覆盖、投诉收益具有重要的意义。本文通过研究 5G 的宏站室分规划, 提出通过场景评估算法完成站点价值的评估, 根据实际需求完成无线网精准规划。

关键字: 5G (NR), 无线网规划, 价值评估, 精准规划

1. 简介

随着经济的高速发展，全球信息化发展水平越来越高，目前 5G 通信产业已成为国家的新型战略产业。各国综合实力和城市现代化水平的唯一标志是信息化程度的高低，所以加强网络通信工程的建设具有重要的意义^[1]。

5G 的规划将面临频谱资源、新空口、新业务、应用场景的多样化的挑战，不同频段存在不同的使用规划和约束，使得频谱规划变得更加复杂，新业务的需求已超出超出传统移动网络的范畴。网络能力向多维度延伸，极致连接能力将改善和影响所有行业。第一，应用体验多样化；5G 应用主要面向增强移动宽带，海量物联，高可靠低时延的应用，如图 1 所示。第二，网络能力相比 4G 全面断代提升；能量密度达到 10Mbps/m²,峰值速率达到 10Gbps^{[2][3][4]}，如图 2 所示。

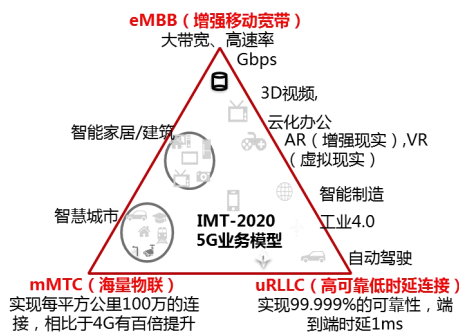


图 1 各行业的应用

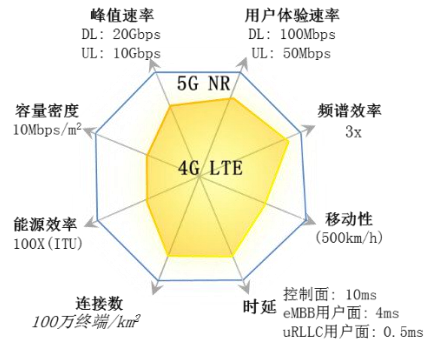


图 2 网络能力

5G 网络规划相比 4G 技术难度更高、规划更复杂，更高频段，更高的规划仿真准确性要求，需要综合考虑多频段网络规划，如图 3 所示。

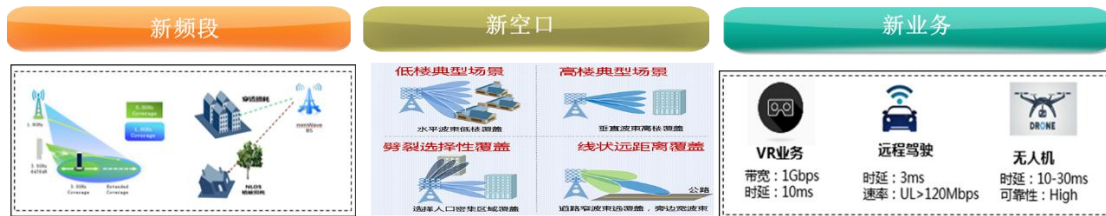


图 3 5G 网络规划面临的挑战

2. 无线网规划

未来各场景和容量层的覆盖策略是低频加强深度覆盖做语音层，中频做厚实体验做 4G 数据主力承载层，中高频构筑 5G 领先优势，各容量层频率分配如图 3 所示。未来密集城区采用 900M、1800M、FA 频段、2.6G、4.9G、28G 频段进行覆盖，一般城区采用 900M、1800M、FA 频段、2.6G、4.9G 频段进行覆盖，城镇中心采用采用 900M、1800M、FA 频段、2.6G 频段进行覆盖，郊区农村采用 900M、1800M、FA 频段进行覆盖^{[5][6]}，如图 4 所示。

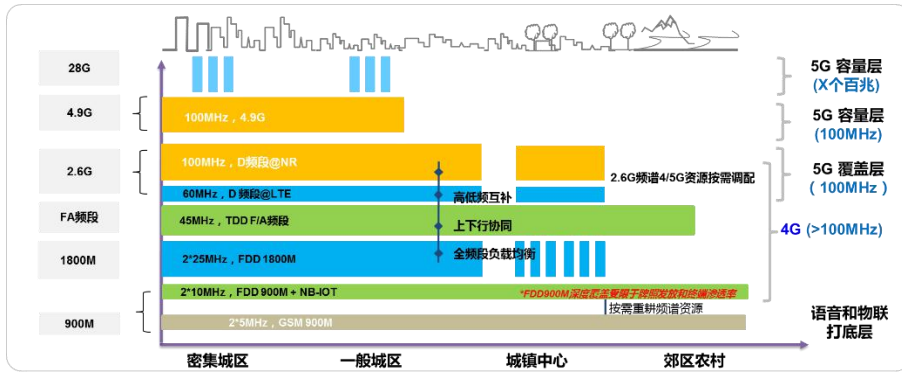


图 4 容量层频率分配

2.1 宏站

室外宏站覆盖是指通过室外宏蜂窝基站覆盖解决室内覆盖问题，可以满足室内浅层覆盖的需求。宏蜂窝基站功率高，覆盖范围大，解决室内深度覆盖时常配合使用射灯天线等方式实现高层楼宇的覆盖。当建筑物结构复杂或纵深较大时，无法满足覆盖需求，宏站覆盖适合解决大面积的浅层弱覆盖的场景，如图 5 所示。

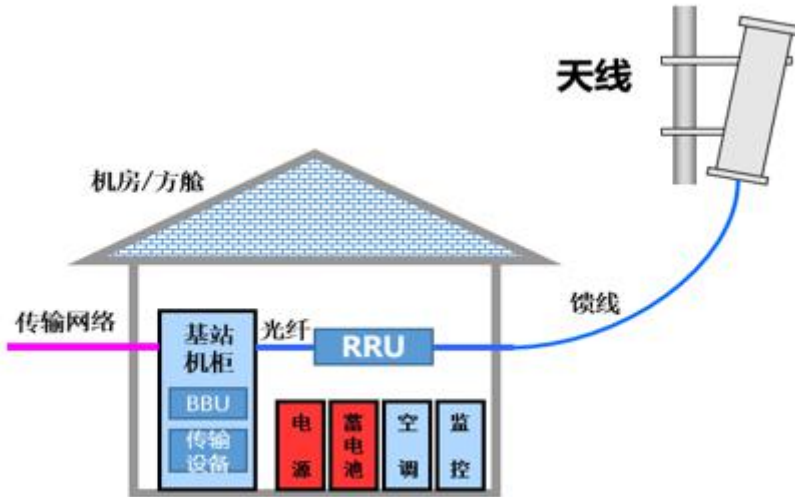


图 5 宏站组成图

宏站规划的站高规划中，需要综合考虑天线入射效果以及天线倾角可调范围，天线物理下倾一般建议不超过 10 度，站高过高则下倾需求过大，容易导致波束变形，如图 6 所示。基于天线倾角调整范围，建议站点相对路面的高度控制在 25m~45m 左右。链路预算中采用 Cost231-Hata 模型。具体公式和系数取值如下^[7]：

$$\text{Total} = L_u - a(H_{UE}) + C_m$$

$$L_u = 46.3 + 33.9 * \lg(f) - 13.82 * \lg(H_{NR}) + (44.9 - 6.55 * \lg(H_{NR})) * \lg(d)$$

$$a(H_{UE}) = (1.1 * \lg(f) - 0.7) * H_{UE} - (1.56 * \lg(f) - 0.8)$$

其中 H_{UE} 为手机的高度， H_{NR} 为基站高度， f 为频率， d 天线与基站的距离，

其 C_m 的取值与地物类型有关，在实际使用中，根据网规经验，给出了一套 C_m 的修正值，具体取值如下：密集城区： $C_m=3$ ，城区： $C_m=0$ ，郊区： $C_m=-8$ ，农村： $C_m=-15$ 。

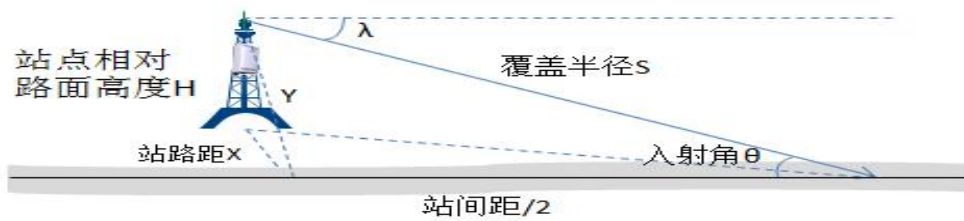


图 6 宏站规划

2.2 室分

随着移动数据业务的发展，室内话务量和通信质量的需求越来越高，使得室内覆盖站点的建设越来越重要。采用何种传播模型，是能否做好室内覆盖站点的规划和设计的关键之一，是影响容量、质量、覆盖和成本的关键因素。

对比业内的各种覆盖模型，采用 ITU-R P.1238 模型进行室内覆盖能力分析较为恰当。传播模型的公式如下^[8]：

$$L = 20 * \log f + N * \log d + P_{f(n)} - 28 + X_{\delta}$$

其中：N：距离损耗系数；f：频率，单位 MHz；d：移动台与发射机之间的距离，单位为 m， $d > 1m$ ； $L_{f(n)}$ ：楼层穿透损耗系数； X_{δ} ：慢衰落余量，取值与覆盖概率要求和室内慢衰落标准差有关，如表 1 和表 2 所示。

环境	衰减因子 N*10
自由空间	2
全开放环境	2.0-2.5
半开放环境	2.5-3.0
较封闭环境	3.0-3.5

表 1 距离损耗系数

介质	介质名城	损耗
石材墙	5cm 花岗石幕墙	38.9
石膏板墙	0.8cm 石膏板墙	7.7
玻璃板墙	1.0cm 玻璃板墙	6.8
楼板	3cm 木质楼板	6.7
电梯门	2cm 电梯门(单层)	23
防盗门	3cm 防盗门(单门)	29.2
水泥墙	30cm 钢筋水泥外墙	39.5
砖墙	24.0cm 砖墙	18.3
木门	2.5cm 木板墙	10
水泥墙	50cm 钢筋水泥外墙	53.3

表 2 各介质损耗

3. 场景划分及覆盖方案

针对覆盖有高速数据业务需求的目标客户区域，将室内覆盖场景约分为 9 大类 20

小类，室内场景规划重点选择重要场景。

居民区场景主要涉及：中、高层居民区/低层居民区/城中村/居民家庭等几个场景。楼层高、内部隔断多，建筑结构复杂，通过宏站难以解决深度覆盖问题。随着不限流量套餐的推广，业务量增长明显。

办公楼（包含党政机关）、写字楼：建筑物多为钢筋混凝土结构或钢筋混凝土结构外加玻璃幕墙，通常楼层较高。由于该类型建筑功能为写字办公商用，楼层间穿透损耗也较大。业务需求量大，内部固话及固网分流明显，业务质量要求高。

宾馆、酒店：目前分为两类，一类为7天为代表的经济型酒店，室内结构简单，纵深不大；一类为四星以上的舒适型酒店，室内结构较为复杂。高端用户较多，且有部分漫游用户为主，业务需求量大。

商业建筑：医院/商场/大卖场/酒吧、咖啡馆、网吧。医院一般由门诊部和住院部构成。门诊部大楼中厅一般中空、空旷。住院部内部建筑隔断较多，穿透损耗情况复杂的场景。住院部大楼结构通常为规则结构，中间为走道两边为病房，隔断多以砖墙为主。挂号大厅、候诊区用户及业务密度大。商场/大卖场建筑物多为钢筋混凝土结构，同层内建筑隔断较少（少部分区域有建筑隔断），内部空间较空旷，楼层间穿透损耗较大。用户休闲购物为主要活动，业务需求量大。IT卖场、小商品市场内部隔断较多，一般走廊两边为单独的小商铺；进行设计时主要参考石膏墙和一般砖墙的穿损。餐馆、咖啡厅建筑结构以中低层为主，内部隔断少，空间较大。用户休闲娱乐为主要活动，业务需求量大。KTV等娱乐场所用户休闲娱乐为主要活动，业务需求量大。商业街（步行街、临街商铺）步行街由两旁建筑立面和地面组合而成，标志性景观、街道照明、休息座椅、绿化植被满铺街面；两旁建筑林立，风格迥异，功能模块众多。用户购物、休闲、娱乐为主要活动，业务需求量大。

体育馆/会展中心：会展中心多为矩形空旷覆盖区，天花挑高通常在10米以上。内部结构较为简单，业务需求高，且业务的突发特性非常明显，忙闲时段区分明显。体育场通常为椭圆形覆盖区，格局为中间赛场，四周观众看台。业务需求高，且业务的突发特性非常明显，忙闲时段区分明显。

交通枢纽：交通枢纽又称运输枢纽，是几种运输方式或几条运输干线交会并能办理客货运输作业的各种技术设备的综合体。根据交通枢纽场景的具体特点，将其按机场、高铁、汽车站进行分类。机场：占地面积大，建筑风格各异，钢结构为主，铁皮屋顶，玻璃幕墙，出入口多，如：大量登机口、到达口等，且分布范围广，内部空旷，传播环境简单，举架高，功能区多，如：大堂、候机厅、行李厅、办公室、VIP厅、行李厅、到达口、安检口等。漫游用户多，机场属于航空港，是进出境的重要窗口，因此存在大量漫游用户。数据业务需求大，用户从进入机场到登记，一般有0.5~1小时等候时间，在此期间，大多数用户会上网浏览网页、看视频等，甚至处理工作邮件，数据业务需求量大，高端用户居多。高铁车站通常设有售票处、候车室、停车场等。售票处、候车室、停车场视其规模大小视当地的客运量而定。售票处和候车室通常是一个比较开阔的大空间，还包括工作人员办公室、休息室等相对较小的场所。建筑结构一般为钢筋混凝土结构或钢筋混凝土结构外加玻璃幕墙，语音和数据业务需求均较高。

高校园区：旧式宿舍楼一般为6层以下、单侧或双侧房间，宽度一般，纵深较深、无电梯地下室、与其他楼宇的间隔在50米左右。多栋旧式宿舍楼布局相似，一般为砖混结构。新建高校宿舍楼一般为塔楼框架结构，多为中高层建筑，建筑面积较大，塔楼内房间分隔较多。高校宿舍楼室内环境相对拥挤。高校教学楼多为中高层建筑，建筑面积较大，塔楼内房间分隔较多。用户及业务密度极大，数据业务需求显著。

地下停车场是专业用于停放汽车，钢筋混凝土结构，空间比较宽敞，结构比较简单。

室外宏基站完全无法覆盖地下停车场，有一定话音和数据业务需求。

电梯已成为7层及7层以上住宅、写字楼、酒店等高层建筑的标配，除去一部分景观电梯外，其余室内电梯均在高层楼宇中间位置。随着城市高层建筑的高速发展，电梯在轿厢门和层门关闭之后，会形成一个法拉第笼（Faraday Cage），法拉第笼有静电屏蔽的效果，同时对电磁波也有比较好的屏蔽效果，同时由于电梯的位置常常位于建筑物的中心，所以受到墙体的损耗也比较大，往往成为覆信号盖盲点，再加上因为电梯井本身的隧道效应，因此宏站信号无法穿透进入，需要做专门的覆盖^[9]。

室内覆盖解决方案需要结合场景特点，综合考虑覆盖面积、建筑结构、容量等几个维度因素，还应对于成本进行分析，选择最为适合的解决方案，如表3所示。

典型场景	子场景	分布式皮基站	扩展型一体化皮基站	一体化皮基站	家庭级 Femto	楼间对打	室外微基站
居民区	中、高层（6层以上）居民区					★★★	★★
	低层（6层以下）居民区					★★	★★★★
	城中村						★★★★
	居民家庭				★★★★		
办公楼、写字楼	中、小型场景		★★★★	★★	★★		
	大型场景	★★★★	★★				
宾馆、酒店	中、小型场景		★★★★	★★	★★		
	大型场景	★★★★	★★				
商业建筑	医院	★★★★	★★★★				
	商场、大卖场	★★★★					
	小型卖场	★★	★★★★	★	★		
	餐馆、咖啡厅		★★★★	★★			
	KTV 等娱乐场所	★★★★	★★	★	★		
	商业街（步行街、临街商铺）				★	★	★★★★
体育场馆、会展中心	体育场	★★★★					
	会展中心	★★★★					
交通枢纽	机场、车站	★★★★					
高校园区	高校	★★★★				★	
地下停车场	停车场		★★	★			
电梯	电梯					★★	

表3 各场景覆盖方案选型

根据覆盖技术特点、设备类型、设备形态、场景应用等不同，室内覆盖方案典型分类如下：宏站解决广覆盖及大面积弱覆盖，小微站解决小面积弱覆盖及补盲补热，分布式皮基站解决高价值区域，一体化皮基站解决低价值易部署区域，楼间对打解决高层居民区的覆盖，如图7所示。

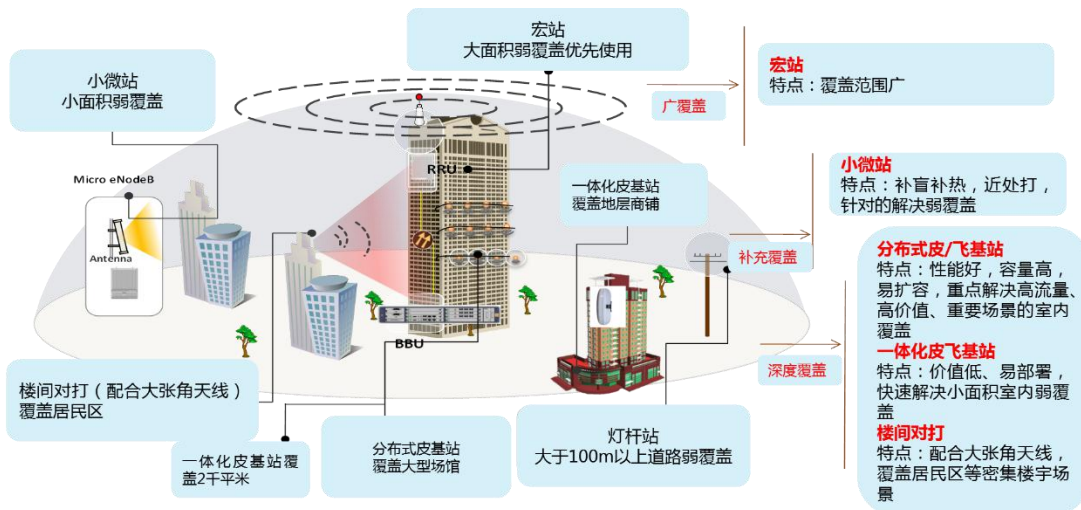


图 7 各场景站型选择

4. 价值评估

随着无线基站下载速率越来越高，以及无线网频率覆盖越来越高，完成无线覆盖需要的基站成倍增长，基站投资及运维的成本成倍增加，因此建立无线基站价值体系变得越来越重要。考虑无线基站建设投资、覆盖率、场景价值、基站收入、市场影响、铁塔租费、运维成本等多目标评估基站价值，提升无线网提升收益比^[10]。

目标函数为 $\max(Y)$:

$$\max(Y) = TZ(u) + FG(v) + JZ(w) + SR(x) + SC(y) + TZ(z) + YW(k)$$

其中 $TZ(u)$ 为建设投资的函数， $FG(v)$ 为覆盖率的函数， $JZ(w)$ 为场景价值的函数， $SR(x)$ 的基站收入函数， $SC(y)$ 为市场影响的函数， $TZ(z)$ 为铁塔租费的函数， $YW(k)$ 为运维成本的函数。

通过对单个站点的目标函数进行计算，并求得最大值，根据目标函数进行站点的优先级排列。确保高价值站点优先建设，高价值站点优先维护。

5. 结论

本文介绍了建设 5G 的意义，5G 网络规划面临的挑战及难题，及在垂直行业的应用，参考 LTE 的无线网络规划理论，完成 5G 宏站室分网络规划理论的分析。根据高速数据业务需求的目标客户区域，将室内覆盖场景约分为 9 大类 20 小类，室内场景规划重点选择重要场景，并完成室分覆盖方案的选择。建立无线基站建设投资、覆盖率、场景价值、基站收入、市场影响、铁塔租费、运维成本等多目标评估基站价值模型，确保无线基站投资收益比。

6. 参考文献

- [1] <https://wenku.baidu.com/view/c9b2f18818e8b8f67c1cfad6195f312b3169ebc9.html>
- [2] 颜水平.5G 网络技术特点分析和无线网络规划思考[J].山东工业技术,2019(20):120-79.
- [3] 曹龙. 新型 5G 移动通信系统接入网关键技术研究[D].电子科技大学,2017.
- [4] 龙杰华.5G 网络规划技术研究[J].通讯世界,2019,26(05):48-49.
- [5] 蒋献周,袁野.5G 网络规划流程及工程建设研究[J].数字通信世界,2019(05):46-84.
- [6] 张洋洋. 5G 异构密集网络中微小区规划部署方法研究[D].解放军信息工程大学,2017.
- [7] 宋卫星, 潘和, 过宝宝,等. 移动无线信道中 Hata 模型的仿真分析[J]. 大众科技, 2011(1):21-21.
- [8] 汪颖, 程日涛, 张海涛. TD-LTE 室内分布系统规划设计思路和方法解析[J]. 电信工程技术与标准化, 2010, 23(11):35-41.
- [9] 贾辉, 张锐, 姚柒零,等 中国移动深度覆盖优化指导意见及案例库[R].北京: 中国移动通信集团网络部, 2019.
- [10] 林铿云, 董加礼. 多目标优化的方法与理论[M]. 吉林教育出版社, 1992.

5G Wireless Network Planning Based on Scenario Value Assessment

Shengshan Li¹ Shu Gong¹ Jipeng Li¹

(¹China Mobile Communications Group Qinghai Co., Ltd. xining city, qinghai province 48 kunlun east road, chengdong district 810000)

Abstract: In recent years, with the rapid development of mobile communication technology, consumers have higher and higher requirements for network perception, and wireless networks have higher requirements for time delay, rate and connection number. Therefore, 5G needs to be built to meet the diversified communication needs of various industries. 5G communication technology has the advantages of higher network peak rate, higher frequency power spectral density, shorter air port delay technology, higher energy efficiency and lower user experience rate. The investment cost of 5G construction by operators is much higher than 4G. Therefore, it is of great significance to study the precise planning of 5G network for improving network coverage and complaint income. This paper studies the macro station compartment planning of 5G, proposes to complete the evaluation of the value of the site through the scene evaluation algorithm, and to complete the precise wireless network planning according to the actual needs.

Key words: 5G (NR), wireless network planning, value assessment, precise planning