

# 基于4G网络洞察的5G网络规划

## 5G Network Planning Based on 4G Network Insight

张洪伟,蔡宗平,马学军,王耀祖(中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司,重庆 400042)

Zhang Hongwei, Cai Zongping, Ma Xuejun, Wang Yaozu (China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd. Chongqing Branch, Chongqing 400042, China)

### 摘要:

5G由于工作频段较高,与2G/3G/4G网络相比,在相同覆盖范围内需要建设更多的基站,建设投资成本巨大。从宏观来看,5G建网比4G建网资金投入更大,网络规划设计更复杂;从微观来看,5G建网过程中难免会牵扯到诸多相关利益方的利益问题。如何有效地利用投资资源,合理规划网络资源、控制建网成本,实现5G网络的快速部署和商用,成为通信运营商急需解决的问题,通过借鉴4G网络部署积累的经验 and 新技术手段,探讨5G网络的部署规划。

### 关键词:

5G;网络建设;网络规划;网络设计  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.02.005  
文章编号:1007-3043(2022)02-0026-07  
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:

Due to the high working frequency band of 5G, compared with 2G/3G/4G network, more base stations need to be built in the same coverage, and the construction investment cost is huge. From a macro perspective, 5G network construction is more expensive than 4G network construction, and the network planning and design is more complex. From a micro perspective, the process of 5G network construction inevitably involves the interests of many stakeholders. How to effectively use investment resources, reasonably plan network resources, control network construction cost, and realize the rapid deployment and commercial use of 5G network has become an urgent problem for communication operators. It discusses the deployment planning of 5G network by referring to the accumulated experience and new technical means of 4G network deployment.

### Keywords:

5G; Network construction; Network planning; Network design

引用格式:张洪伟,蔡宗平,马学军,等. 基于4G网络洞察的5G网络规划[J]. 邮电设计技术, 2022(2): 26-32.

## 1 概述

随着5G时代的到来,运营商需要应对爆炸式的流量增长、海量的设备连接和不断涌现的新业务新场景,首先面临的是5G网络建设问题,最关键的是铺设一张连续的、覆盖整个城市5G网络。5G基站初期站点的规划选择会有所侧重,初期需要根据市场及用户需求进行规划部署,在重点热点区域优先建设,同时考虑与4G网络的交互性,需要统筹考虑网络的规划和建设,利用4G网络部署的经验、原有站址和技术手段,

提升5G网络部署的效率,降低网络规划部署难度。

## 2 基于4G网络基础的5G网络规划

### 2.1 5G网络规划难点

5G的业务和应用场景有别于以往的网络,网络规模和立体分层将更加明显,复杂程度更高,随着Massive MIMO及复杂天线波束赋形技术的应用,多径建模的重要性更加突出,如果缺乏精细化多径建模仿真手段,将很难保证网络规划准确性。因此,基于高精度电子地图、三维立体建筑物图层、具备多径建模的射线追踪传播模型等新型仿真技术,可实现5G无线网络的精准规划。

收稿日期:2021-12-30

5G网络的业务预测包括用户数预测和业务量预测2个方面,5G网络是全频段多RAT接入网络,不同频段和无线接入方式选用不同的业务模型。5G采用了Massive MIMO等技术,提高了频谱效率,带宽更大,使得5G具备高容量的能力。在进行站址规划时,要充分考虑现有基站站址的利旧及新建站点的共建共享。

同时,5G规划中面临的挑战主要有频谱资源、新空口、新业务和应用场景的多样化,网络架构重组对于政府监管、应用于5G的新技术、外界环境的影响等均存在挑战。

不同网络频段空口传播损耗、传播模型均不同,使得5G频谱规划也变得更加复杂。新的业务需求已经超出行业经验范围,当前在评估方法以及规划方案等领域均没有成熟的研究结果,也面临新的挑战。

## 2.2 4G/5G网络协同发展

面向5G业务用户体验,4G/5G将存在一个很长的共存期,5G网络的建设可采用与4G协同发展思路,采取“5G创品牌,4G保发展”的策略,分批次建设5G网络,同时在建网初期,5G核心网未成熟,仍需要借助4G EPC核心网,需要设定锚点网络,NSA宏站锚点建议优选1.8/1.9 GHz。

一期:4G/5G单点部署和精品网部署,单点部署时为避免影响现网4G,5G可开60 MHz带宽,频谱资源动态共享;精品网区域5G开100 MHz连片组网,周边4G D1D2退频,5G反开3D MIMO分流LTE容量,如图1(a)和(b)所示。

二期:大规模开5G 100 MHz连续覆盖,5G开通NR,同时反开3D MIMO分流LTE容量,如图1(c)所示。

## 2.3 基于4G网络开展5G网络规划

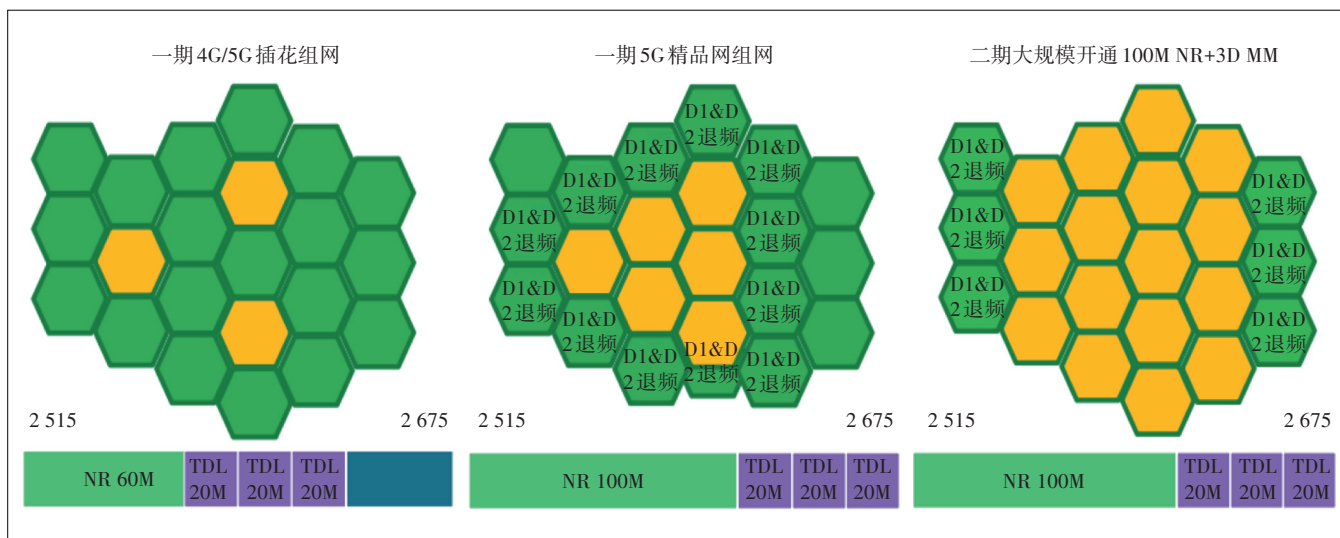


图1 4G/5G网络协同发展组网示意图

在5G建网初期,基于应用场景的网络建设无法达到连续的覆盖,以4G LTE网络作为打底网络,对4G EPC进行升级,5G在4G网络的基础上逐步形成规模,选择重点场景、热点场景进行5G网络的前期部署,如图2所示。

### 2.3.1 NSA锚点频谱选择分析

现阶段,各大芯片、终端厂商均支撑全频段锚点能力,通过对现网主流频率的覆盖效果情况进行测试对比,FDD 1800频段用于5G网络锚点,可以达到更好的效果,主要具有如下优势。

- a) 单站覆盖效果优于其他网络频段。
- b) 上行容量3倍于F频段。

c) 端到端产业链成熟,易用性高,现阶段各主流厂商均支持。

1.8 GHz FDD频段作为锚点,现网还不完全连续,在5G部署区域需同步建设1.8 GHz FDD连续覆盖,FDD既可作为5G锚点,又可有效分担4G用户和流量。

### 2.3.2 5G频谱分析

综合各方面信息,确定本地5G网络建设的近期目标,从而明确对性能和带宽的需求。5G网络带宽越大,性能就越好,但考虑到4G网络流量快速增长,退频工作普遍存在一定难度,因此建议客观评估5G网络的性能需求。

5G采用100 MHz带宽时,最后40 MHz带宽和现

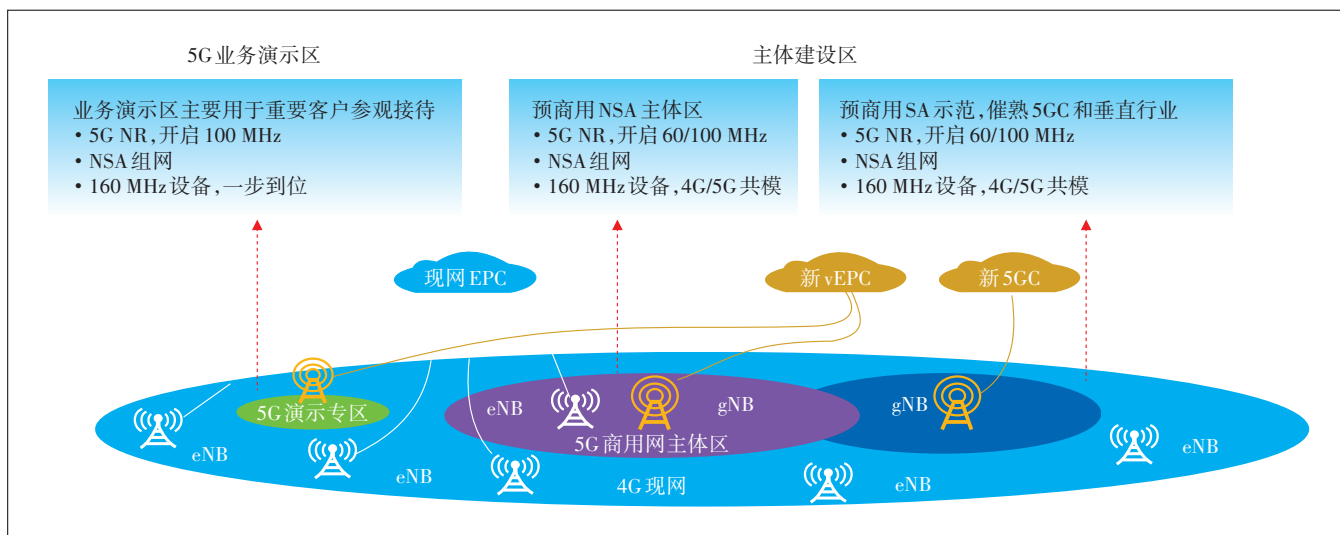


图2 2期大规模开通100 MHz NR+3D MIMO

网D1、D2频点重合,存在同频干扰。干扰类型和强度近似邻区干扰,目前5G网络近似空载,对4G影响很小,但4G负荷较大,会影响5G性能。因此,对5G性能要求高的区域,需要额外增加D1/D2频点的隔离带。

### 2.3.3 4G退频方案

为满足5G建设的频谱隔离带要求,需要对现网4G频段进行结构套装,根据每物理扇区需要的最终载频数、终端情况、产品情况等确定退频方案,移频后LTE扇区配置等效载波数不低于移频前,以应对未来LTE流量增长需求,确保LTE网络性能稳定。

a) 根据各频段配置带宽,确定等效载波情况(见表1)。

表1 各频段配置带宽等效载波

载波配置表		等效TD-LTE载波数	载波配置表		等效TD-LTE载波数
频段	DL	UL	频段	DL	UL
F1	1	1	D3	1	1
F2	0.5	0.5	FDD 900	0.5	1
D1	1	1	FDD 1800	1	2
D2	1	1			

b) 根据各扇区现有资源和预测后需要的载波数,评估退频后的资源缺口;不存在缺口的扇区可以直接退频D1、D2频点。

c) 对存在资源缺口的扇区进行扩容,策略按优先级排序为:开启D3频点、扩容/新建TDL-F频段载波(提升终端覆盖连续性)、开启FDD载波、扇区分裂。

d) 部分早期微站产品不支持D3频点,需要替换

产品;退频后资源不足的需补充FDD微站。

e) 部分扇区负荷较高,现网已经配置较多载波,退频后容量无法满足需求,建议NR开通80 MHz带宽,即只退D1一个载波,确保LTE现网性能稳定。

f) 对产品和终端能力较好的场景,LTE除FDD1800和D3之外,还可采用D频补充频段(2 635~2 655 MHz)来增强容量。

当5G设备开通商用后,可以反向开通4G MIMO载波,大幅提升LTE系统能力,此时可以逐步清退LTE产品设备;当频率共享实现后,对LTE容量不足、5G负荷很低的扇区,可以灵活增加LTE载波资源。

### 2.3.4 5G容量预测

根据试点区域长期业务量统计数据,确定该场景增长曲线,并基于当前指标统计情况,预测后续业务量需求。

预测主要有2个时间点:各厂家5G产品能够实际支持4G商用用户和4G/5G实现频谱共享。

容量预测需要采集较长时间粒度的容量数据,其中小区级通过网管采集3~6个月的流量和用户数,此外还需要运营商提供18个月以上的本地网级别上、下行总流量和实际用户数(见表2)。

### 2.3.5 5G建网评估预测

在4G网络建设的基础上,依据4G网络用户模型及网络部署经验,同时考虑5G网络应用场景,网络建设主要从网络结构、话务、场景等方面进行评估预测。

网络结构评估:基于各个频道进行规模、覆盖率、站间距的结构评估。

表2 现阶段各场景流量对比

场景大类	现阶段各场景流量/TB	现阶段各场景流量占比/%	各场景与全网增幅的比值	预测较现阶段倍增系数
高速公路	7.10	2.67	0.51	1.97
高铁地铁	1.62	0.61	0.62	2.72
高校	70.98	26.72	0.63	1.36
居民区	50.87	19.15	1.18	2.71
其他	6.06	2.28	0.80	2.89
企事业单位	30.58	11.51	1.29	3.03
商业中心	14.68	5.53	0.85	2.15

话务评估:对规划区域用户、流量等进行评估,定义区域话务等级。

场景划分:根据4G话务区域的优先级进行场景划分,便于进行5G规划(见图3)。

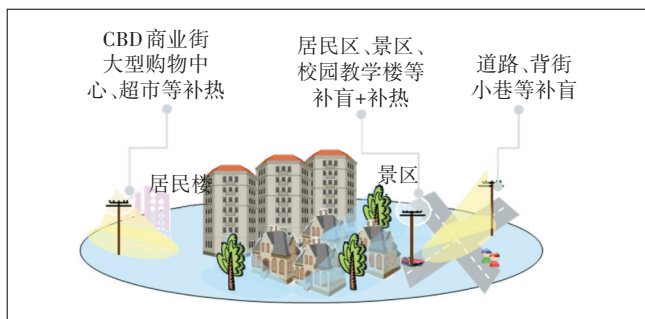


图3 网络结构图

### 2.3.5.1 基于链路预算 NSA 5G 网络的覆盖评估

在NSA组网模式下,针对5G的应用场景,设定不同的边缘速率组合(见表3),按需进行网络部署,有针对性地进行网络评估。

表3 上下行边缘速率组合定义(单位:Mbit/s)

信道	组合1	组合2	组合3
上行	1	2	5
下行	50	50	100

### 2.3.5.2 基于上下行不同速率组合的链路预算

在NSA组网模式下,依据覆盖场景,通过链路预算评估各场景的覆盖半径,如图4所示。

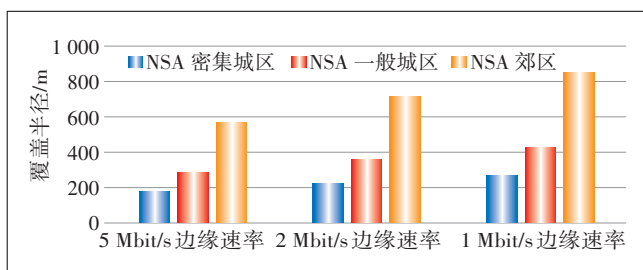


图4 通过链路预算评估各场景的覆盖半径

### 2.3.5.3 基于链路预算 SA 5G 网络的覆盖评估

从NSA模式升级到SA组网模式,相比NSA模式,终端发射功率提升3 dB。

通过链路预算可以评估在各种场景下从NSA升级到SA覆盖能力的提升情况(见图5)。从图5可以看出,SA组网明显优于NSA组网模式。

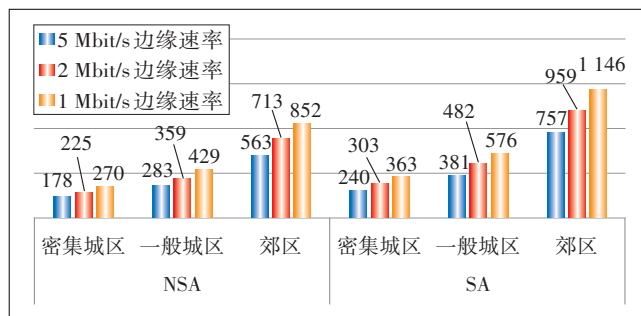


图5 不同场景下SA与NSA覆盖能力对比(单位:m)

## 3 5G 网络规划的总体流程

为实现5G网络的合理部署,初期规划阶段需要对网络需求进行分析,结合建网目标进行网络容量、覆盖预测,基于主流设备及网络结构进行站点选址和建设规划,依据规划结果进行网络仿真,输出规划仿真方案,最终实施网络建设,详细流程如图6所示。

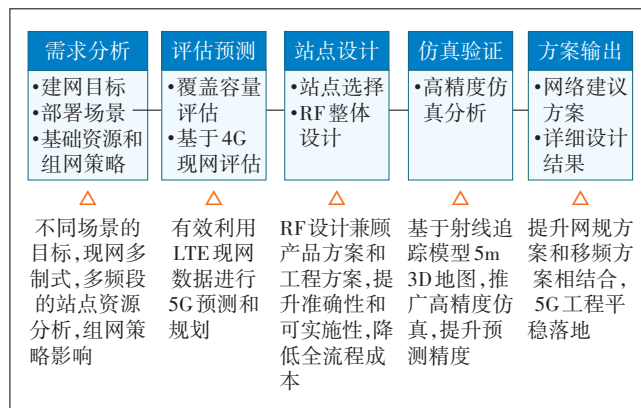


图6 5G网络规划的总体流程

### 3.1 5G建网需求分析

5G网络规划阶段,需要首先对网络需求进行分析,综合现网多制式、多频段的站点资源,考虑组网策略对现网的影响,通过划分建网场景,制定网络建设策略。初期实现主城区的网络规划建设,逐步向外扩展,优先满足应用合作机构的业务需求,例如医院、机场等重点应用场景;其次通过大数据进行分析,选出部分高流量、高需求、具有商业价值的区域作为初期



建网的重点区域,进而推广至其他区域,热点区域主要集中在大学城、商业区、景点及密集居民区。

### 3.2 5G建网指标

依据覆盖场景及业务需求,制定5G网络建设规划指标要求,在城区高热区域制定较高的网络指标要求,依次为城区一般区域、县城和郊区区域(见表4)。

表4 5G建网指标

组网类型	类型	SS-RSRP/ dBm	上行速率/ (Mbit/s)	下行速率/ (Mbit/s)	覆盖率/%
NSA	主城区 局部高热	-97	2	100	95
	主城区&一般城区	-100	1	50	
	县城及郊区	-100	1	50	
SA	主城区 局部高热	-97	5	100	95
	主城区&一般城区	-100	2	50	
	县城及郊区	-100	2	50	

### 3.3 5G覆盖容量评估预测

通过计算链路损耗、干扰、开销等,基于栅格分析小区覆盖率、电平值、信噪比、峰值速率等各项指标对覆盖进行预测,从而评价现有组网规划方案是否满足客户要求。5G无线网络设计目标、面向业务和采用技术与4G网络差异明显,5G无线网规划不能简单沿用4G方法,可参考现网4G网络热点区域网络容量,结合5G网络覆盖模型,针对5G网络的新需求、新特性,预测5G网络容量需求,面向多场景精准规划5G无线网。容量热点图如图7所示。



图7 网络热点渲染图

### 3.4 5G站址选择

考虑网络建设成本及快速建设部署,5G选址首先考虑共用原有基站站址,同时新建站址考虑共建共享的原则,减少网络建设成本,同时实现快速部署,这种

建网方式在一定程度上减少了初期资源的浪费,同时对于挖掘5G商用价值产生了积极的作用,对后续5G的投资必定产生良性影响。

### 3.5 5G规划仿真

精准的RF和BF参数规划对5G网络的建设也很重要,静态仿真(无时间概念)是一种常用的方法,将规划区域进行地理栅格化,每个栅格认为是一个UE,小区所有资源分配给此UE,进行覆盖电平、信道质量和速率的预测;即评估单点峰值覆盖能力。基于射线追踪模型和5m 3D地图,推广高精度仿真,提升预测精度。常用主流射线跟踪模型有volcano、cross wave、P3M等。

结合高精度电子地图,射线跟踪模型按照预设参数计算收发端之间的直射、反射、衍射、绕射等各种路径损耗,逼近信号真实传播特性,该模型适用于较高频段的仿真,尤其是毫米波。广播信道3D权值规划、业务信道3D立体赋形均需基于射线跟踪模型。

可实现基于二维高精度电子地图(含建筑物高度信息),地图精度5m及以上的效果呈现,如图8所示。

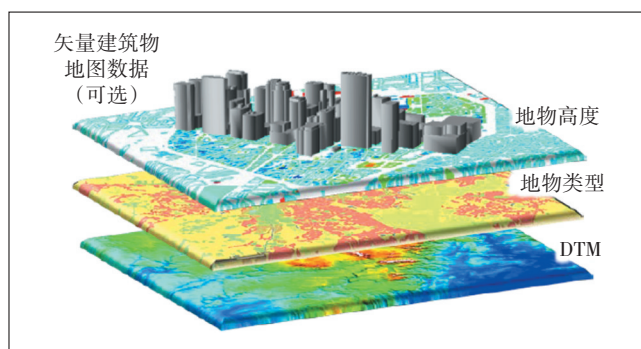


图8 二维仿真示例图

也可实现基于3D立体建筑物切片的网路覆盖预测,呈现效果如图9所示。

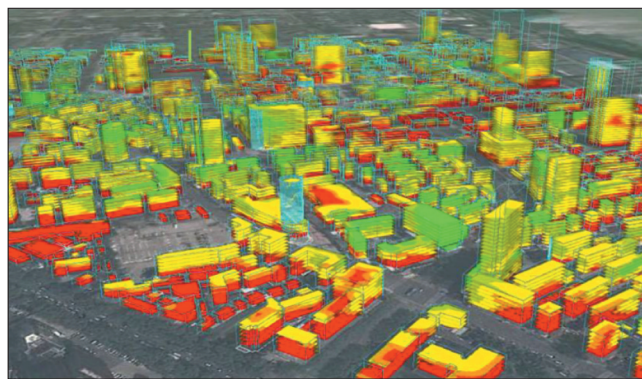


图9 三维仿真示例图

### 3.6 方案输出

5G网络部署的频率主要为2.6 GHz、4.9 GHz频段,2.6 GHz部分频段已被4G D频段站点使用,需合理地规划2G、3G、4G清频退网,网络规划方案与频移方

案相结合,使5G网络建设工程平稳落地(见图10)。

## 4 5G基于某市现网站点的NSA网络规划方案

现阶段,网络规划以NSA为主,对于有行业用户

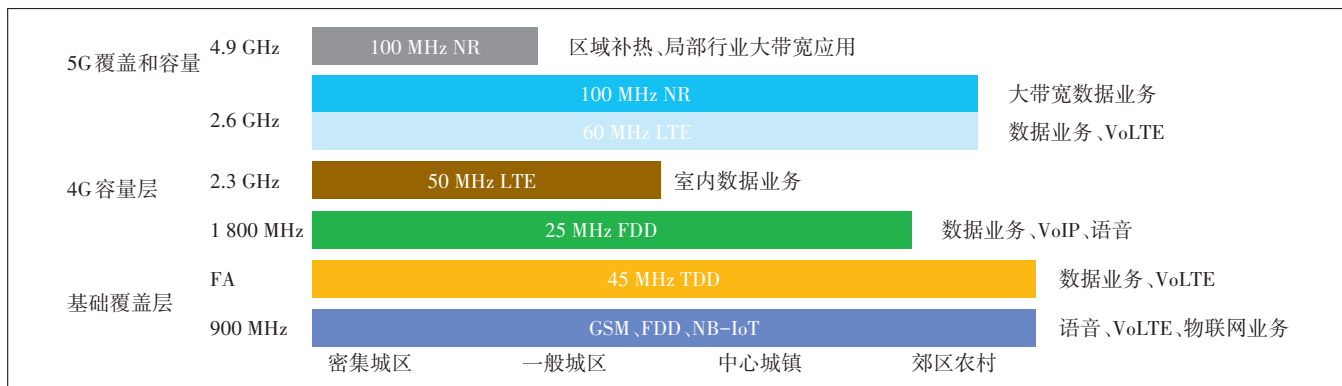


图10 4G/5G协调部署网络结构

需求区域将NSA逐步升级为SA。在网络设计阶段,遵循从NSA站点逐步升级到SA的原则。

a) NSA锚点定义:评估4G FDD1800, TDD F, TDD D覆盖连续性,单纯从覆盖的角度上评估三者作为锚点的优先级;从端到端产品成熟度的角度进行评估,确定FDD1800, TDD F, TDD D作为锚点的优先级;综合评估确定作为锚点的4G网络。

b) 站点筛选原则:确定锚点频点后,在5G站点规划时,优先选择锚点频点的站点作为5G候选规划站点;锚点频点定义后,其他频点站点按照锚点成熟度优先级选站;5G一期部署主要是宏站,因此室外选站优选4G宏站。

c) 网络结构评估原则:评估站间距过近站点,非覆盖必须或高话务站点可在5G规划中剔除;合理剔除过高站点和过低站点。初步确定的5G预规划站点按照锚点定义频点,按话务高低定义优先级。

d) RF参数规划:NSA组网,5G站点参数与共站的锚点4G站点RF参数一致;NSA组网新建5G站点,如与现网D频共站,采用D频的RF参数。对于SA组网,5G规划参数参照4G已有站点RF参数。

### 4.1 某市现网分析及5G网规思路

通过容量分析,对D频段退频后的站点扩容建议进行整理,比对2019年建设计划,获得F1800站点列表;整理物理站点工参和不同频段逻辑小区归属,以F1800-F频段的顺序进行NR站点选择;规划NR及F1800网络,并相应调整工参;对高话务扇区的覆盖进行分析,利用best server仿真确定话务分担的扇区;输

出包括NR、F1800、D频段退频话务迁移的整体规划方案。

通过对比,该市城区F频段站点分布较为密集,站间距普遍在300 m左右,城区FDD 1800频段站点基本和F频段重叠,但是仍有部分空洞。

### 4.2 现网FDD1800覆盖评估(RSRP)

依据仿真条件,对某城区FDD1800站点覆盖进行评估,结果如表5所示。

表5 现网FDD1800覆盖评估仿真结果

Coverage of RSRP/dBm	面积/km <sup>2</sup>	累积覆盖率/%
-120~-110	1.99	99.60
-110~-105	4.12	98.09
-105~-100	7.10	94.97
-100~-90	22.56	89.60
-90~-80	27.27	72.53
-80~-70	30.33	51.89
-70~0	38.25	28.94

5G初期组网策略是NSA组网,锚点为FDD1800,因此在5G建设前需要评估市区FDD1800的网络覆盖情况。

经过仿真评估,市区内531个FDD1800站点(1076扇区),现网RSRP>-105 dBm的覆盖率为94.97%,无法构成连续覆盖;部分区域出现明显的连片弱覆盖区域。

如果选择FDD1800作为锚点,需要新增FDD1800站点来改善市区覆盖。

### 4.3 用弱覆盖仿真识别法进行FDD1800增补加站

NSA组网中,FDD1800作为锚点网络要求连续覆盖,但又考虑投资成本,FDD站点要做到精准投入,通过采用MR弱覆盖栅格筛选质差区域(见表6)。

表6 FDD1800弱覆盖仿真识别评估结果

Coverage of RSRP/dBm	面积/km <sup>2</sup>	累积覆盖率/%
-120~-110	0.05	97.82
-110~-105	0.08	94.85
-105~-100	0.17	90.48
-100~-90	0.34	81.02
-90~-80	0.36	61.62
-80~-70	0.39	41.06
-70~0	0.33	18.89

由于FDD1800存在大量单扇区双扇区站点,优先考虑参考其他频段补全扇区,并结合新建站点计划,整体考虑增加FDD1800覆盖方案并采用仿真验证。

#### 4.4 FDD1800预规划覆盖评估(RSRP)

经过仿真评估,在市区内预规划535个FDD1800站点(1344扇区),RSRP>-105 dBm的覆盖率达到98.25%,MR弱覆盖栅格区域,RSRP>-105 dBm的覆盖率达到96.64%,可以有效实现市区内的浅层覆盖(见表7)。

表7 现网FDD1800预规划评估仿真结果

Coverage of RSRP/dBm	面积/km <sup>2</sup>	累积覆盖率/%	MR栅格覆盖率/%
-120~-110	0.68	100.00	100.00
-110~-105	1.62	99.48	98.99
-105~-100	4.61	98.25	96.64
-100~-90	18.20	94.75	91.94
-90~-80	24.40	80.93	72.37
-80~-70	27.38	62.42	52.11
-70~0	54.90	41.65	31.37

本规划共新增FDD站点4个(已在计划建设列表中),新增256个扇区,实现城区连续覆盖。

#### 4.5 5G规划站点分布

基于全网所有物理站点,去除过低站(低于12 m),过近站点,普遍站间距大于300 m,平均站间距约为470 m。

采用现有方位角进行仿真和优化,对室外SS-RSRP ≤ -91dBm的弱覆盖区域进行加站,统一规划站高30 m。

利旧站点641个,建议新建站点155个,全网NR规划站点共796个。

#### 4.6 NSA组网5G规划宏站仿真

在市区中,室外场景SS-RSRP ≥ -91 dBm的比例为95.70%;SS-SINR ≥ 0 dB的比例为98.68%,均达到95%的覆盖率要求(见表8和表9)。

表8 5G规划站点覆盖仿真结果

Coverage of RSRP	面积/km <sup>2</sup>	累积覆盖率/%
-120~-110	0.06	100.00
-110~-105	0.12	99.94
-105~-100	0.48	99.83
-100~-91	4.08	99.40
-91~-88	2.93	95.70
-88~-70	34.99	93.04
-70~0	67.58	61.30

表9 5G规划站点质量仿真结果

Coverage of SINR	面积/km <sup>2</sup>	累积覆盖率/%
-10~0	1.46	100.00
0~3	6.41	98.68
3~5	8.35	92.87
5~10	27.42	85.29
10~20	41.8	60.43
>20	24.81	22.51

此次仿真仅考虑10 dB穿损的浅层覆盖,实现室内浅层覆盖保障,无法保障室内深层覆盖。

## 5 总结

面对5G网络规划建设,通过了解市场需求,结合现阶段的网络发展趋势,同时考虑4G/5G网络互操作及协调组网模式,需要统筹考虑网络的规划和建设,利用4G网络部署的经验、原有站址和技术手段,以及5G网络新特性,提升5G网络部署的效率,降低网络规划部署难度,本文通过对锚点网络的评估,针对网络热点和网络需求,实现5G网络的规划和评估,达到网络前期规划部署的需求。

#### 参考文献:

- [1] 邹广玲,张守霞,朱永军,等. 5G无线智能网络规划方案研究[J]. 电子技术应用,2019,45(10).
- [2] 韩玮,江海,李晓彤. 5G网络设计与规划优化探讨[J]. 中兴通讯技术,2019,25(4).

#### 作者简介:

张洪伟,网优咨询师,主要研究方向为无线网络规划与优化;蔡宗平,工程师,主要研究方向为无线网络规划与优化;马学军,工程师,主要研究方向为无线网络规划与优化;王耀祖,网优咨询师,主要研究方向为无线网络规划与优化。