

# 基于场景的 5G Pattern 选型优化研究


## Research on 5G Pattern Selection Based on Different Scenes

陈志强<sup>1</sup>, 李 凌<sup>2</sup>(1. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033; 2. 中国联通上海分公司, 上海 200080)  
Chen Zhiqiang<sup>1</sup>, Li Ling<sup>2</sup>(1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. China Unicom Shanghai Branch, Shanghai 200080, China)

### 摘要:

介绍了5G关键技术Massive MIMO的波束赋形功能。从多个场景下的Pattern模式入手,提出了不同场景下的波束选型。对5G现网深度覆盖场景采用不同的Pattern选型进行测试分析、优化归类,最终成功梳理出深度覆盖场景下的Pattern选型建议,使5G基站发挥最大效果,进一步提升深度覆盖和用户感知,对5G网络优化有指导意义。

### 关键词:

5G; Massive MIMO; 波束赋形; Pattern 选型  
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.05.005  
文章编号: 1007-3043(2020)05-0022-05  
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:

It introduces the beamforming function of the 5G key technology Massive MIMO. Starting from pattern mode in multiple scenes, the beamforming selection in different scenes is proposed. Different pattern models are used to test 5G current network deep coverage scenarios, including scenario selection, test analysis, optimization and classification. Finally, it successfully combs out the pattern selection in the deep coverage scenario, so that 5G base station can play the maximum effect, further improves the deep coverage and user perception, which is instructive to 5G existing network optimization.

### Keywords:

5G; Massive MIMO; Beamforming; Pattern selection

引用格式: 陈志强, 李凌. 基于场景的5G Pattern选型优化研究[J]. 邮电设计技术, 2020(5): 22-26.

## 1 概述

2020年,5G建设继续如火如荼,尤其在城市区域,深度覆盖作为5G移动通信网络建设和优化的的重要组成部分,一直备受业界关注。为了获取更多带宽,室内5G引入了更高的频段C-Band和毫米波,更高的频率意味着更大的传输及穿透损耗,采用传统的4G建网方式可能导致室内覆盖不足。另外,传统室分的多数无源器件无法支持3.5 GHz以上高频段,即使是支持3.5 GHz的馈线,也会带来更多的损耗,产生更大成本。

因此,如何针对居民区、楼宇等场景,提升5G网络用户感知,实现优化效率大幅度提升以及提升用户感知,是目前5G网络优化的难点与要点。

## 2 Massive MIMO 技术

### 2.1 Massive MIMO 技术简介

5G商用化已经开启,工信部已经确立了5G中频频段为3.3~3.6 GHz、4.8~5 GHz,但国际主流频段为28 GHz,同时由于中低频段资源有限,因此大部分5G网络将部署在高频频段,而5G的一项关键性技术——大规模天线技术(Massive MIMO)的出现,可以解决5G当前所面临的问题,譬如高启的建设成本。

收稿日期: 2020-03-16

通过 Massive MIMO 可以获得如下增益。

a) 阵列增益:通过相干合并,能有效提高处理后 SNR 的均值(前提:需要已知信道信息)。

b) 空间分集增益:把数据重复发送多次以提高传输可靠性,减小信噪比的相对波动。

c) 空间复用增益:利用空间信道衰落的独立性,通过同时传输多个数据流以提升传输速率。

d) 干扰抑制增益:利用干扰信号的空间有色性,通过提升处理后信干噪比对干扰进行抑制。

## 2.2 Massive MIMO 的波束赋形

Massive MIMO 技术为 5G 网络带来巨大增益,同时 Massive MIMO 天线的波束赋形(BF——Beamforming)功能在为小区用户发射数据时,可以通过调整天线的波宽,以及上、下、左、右的方向,实现三维的精准波束赋形,使辐射出去的能量集中于用户所在的方向,而不是均匀地分布在整个小区的范围,这样用户能够感受到更高的能量,可以获得更高的 SINR,相应地数据传输速率也能获得提高。BF 对发送信号进行加权,形成指向 UE 的窄带波束。NR Sub6G 多天线下行各信道默认支持波束赋形,可以形成更窄的波束,精准地指向用户,提升覆盖性能。

下行波束赋型的流程如图 1 所示,包括通道校正、权值计算、加权、赋形 4 个步骤。

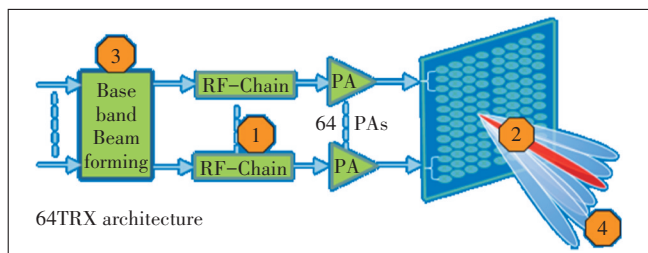


图 1 波束赋形流程

a) 通道校正。射频收发通道之间存在幅度和相位差,而且不同收发通道的幅度和相位差也不同,所以上下行信道并不是严格互易的,需要使用通道校正技术来保证射频收发通道幅度和相位的一致性。

(a) 通道校正的基本过程:计算信号经过各个发射通道和接收通道后产生的相位和幅度变化;依据计算结果进行补偿,使每组收发通道都满足互易性条件。

(b) 通道校正的触发条件:小区重建、通道恢复、周期触发等。

(c) 通道校正失败的主要原因:硬件故障、配置错

误(如功率配置过小)、外部干扰等

b) 权值计算(见图 2)。gNodeB 基于下行信道特征计算出一个向量,用于改变波束的形状和方向。包括控制信道(SSB/PDCCH/CSIRS)DFT 静态权值计算和 PDSCH 动态权值计算。其中控制信道 DFT 静态权值计算方法为:预定义、静态不变权值或从权值文件获取。PDSCH 动态权值计算,有 2 种方法:SRS 权:gNodeB 通过获取 UE 上行信道的 SRS 信号,根据互易原理计算出对应下行信道的特征,一般中、近点使用 SRS 权;PMI 权:gNodeB 基于 UE 上行反馈的 PMI(Precode Matrix Indication)选择最佳的权值,一般远点使用 PMI 权。

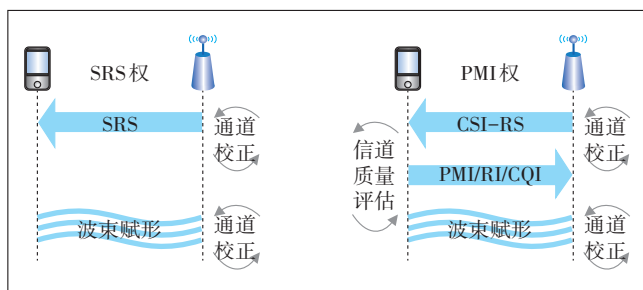


图 2 权值计算流程

c) 加权。gNodeB 计算出权值后,将权值与待发射的数据(数据流和解调信号 DM-RS)进行矢量相加,从而达到调整波束的宽度和方向的目的,过程如下。

(a) 假设天线通道序列为  $i$ ,信道输入信号为  $x(i)$ ,通过信道  $H$  时引入的噪声为  $N$ ,信道输出的信号为  $y(i)$ ,则:  $y(i) = Hx(i) + N$ 。

(b) 加权就是对信号  $x(i)$  乘以一个复向量  $w(i)$ ,达到改变输出信号  $y(i)$  的幅度和相位的目的,表示为:  $y(i) = Hw(i)x(i) + N$ 。

d) 赋形。赋形应用了干涉原理,波峰与波峰相遇的位置叠加增强,波峰与波谷相遇的位置叠加减弱。未使用 BF 时,波束形状、能量强弱位置是固定的,对于叠加减弱点用户,如果处于小区边缘,信号强度低;使用 BF 后,通过对信号加权,调整各天线阵子的发射功率和相位,改变波束形状从而使主瓣对准用户,信号强度提高。基于 SRS 权或 PMI 权获得的波束一般称为动态波束,控制信道和广播信道则采用预定义的权值生成离散的静态波束。

## 2.3 5G Pattern

Massive MIMO 技术伴随 5G 带来更高的速率、容量的同时,也要面临更多的参数需要配置。首先介绍

下 pattern 的概念, Massive MIMO 天线可以调整的参数有水平波宽、垂直波宽等, 这些参数的一种组合就是一个 Pattern, Massive MIMO 中的天线阵子都是通过一组 Pattern 来进行配置。从 3G、4G 到 5G, Pattern 中可调整的参数是不断增加的。

a) 3G 场景中, 一个 Pattern = 水平波宽+垂直波宽的参数组合。

b) 4G 场景中, 一个 Pattern = 水平波宽+垂直波宽+下倾角的参数组合。

c) 5G 场景中, 一个 Pattern = 水平波宽+垂直波宽+下倾角+水平角的参数组合。

### 3 基于 pattern 模式的 5G 深度覆盖优化思路

#### 3.1 因地制宜选择 Pattern 模式

网络场景的多样性, 决定了覆盖 Pattern 的多样

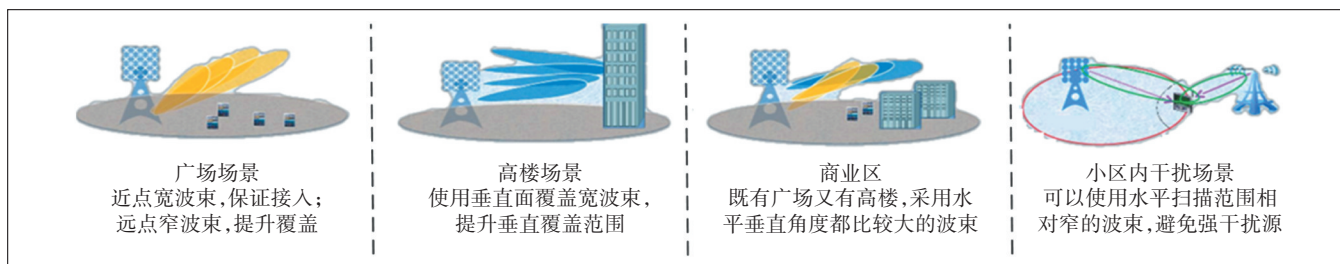


图3 四大场景波束模式选择

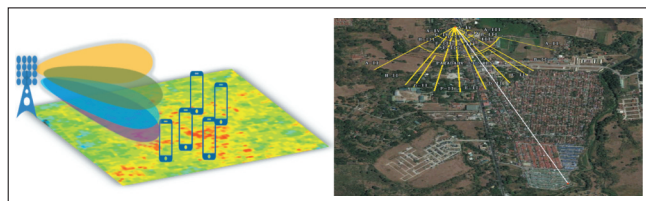


图4 场景化 Azimuth 规划

高、楼高和距离, 规划合理的垂直波宽(见图5)。确保话务和用户在垂直波束上的分布均衡, 才能起到更好的覆盖效果。

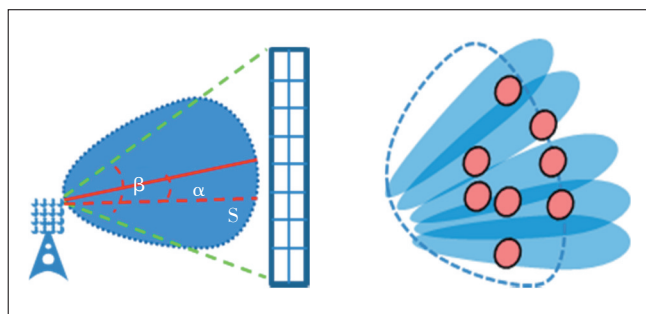


图5 场景化垂直波宽规划

性, Pattern 有多种广播波束支持不同场景覆盖。需要根据覆盖场景, 合理规划方位角、垂直波宽, 选择出适合具体覆盖场景的 Pattern 模式。

比如对于大的广场覆盖选用水平波束宽的 Pattern, 对于高层楼宇的覆盖要考虑垂直波束宽的 Pattern 等。所以依据不同的覆盖场景, 要综合考虑水平波束宽度和垂直波束宽度, 选用合适的 Pattern 来覆盖, 才能达到预期的覆盖效果, 确保用户的感知。

图3给出了四大场景波束模式选择示意。

#### 3.2 基于场景进行 Azimuth 和垂直波宽规划

为了确保用户感知, 需联合考虑水平垂直角度配置, 才能起到更好的覆盖效果。

a) 场景化 Azimuth 规划。方位指向话务/用户热点, 确保用户感知(见图4)。

b) 场景化垂直波宽规划。需要综合考虑天线挂

### 4 5G Pattern 优化与验证过程

#### 4.1 Pattern 选型验证思路

针对楼宇深度覆盖场景, 验证 Pattern 选型思路如下。

a) 主要验证不同垂直波束下的覆盖效果, 遍历3种垂直波束(V6、V12、V25)进行验证。

b) 考虑不同水平波速对水平覆盖和性能均有影响, 选取宽波束H110和H65进行比较验证。

本次验证6组 Pattern 参数(S0、S3、S6、S8、S12、S13), 具体如表1所示。水平波束宽度有65°、105°、110°; 垂直波束宽度有6°、12°、25°等。

6组 Pattern 的天线方向图如图6所示。从图6可以看出, 不同 Pattern 下的天线方向图有明显的差异, 这是同一位置不同 Pattern 下能体现出来不同的覆盖效果的根本原因。

#### 4.2 楼宇深度覆盖效果验证

测试方法要点如下。

a) 采用手持 PHU, 锁定室外主服锚点小区, 从室



表1 6组Pattern参数配置

覆盖场景ID	水平3 dB波宽/°	垂直3 dB波宽/°
DEFAULT	105	6
SCENARIO_3	65	6
SCENARIO_6	110	12
SCENARIO_8	65	12
SCENARIO_12	110	25
SCENARIO_13	65	25

外门口向室内深处至5G覆盖边缘。

b) 针对有4G无5G的室分场景,临时添加4G室分为锚点,以保持5G信号在室内的稳定性。

共选取了7个测试点进行了相关测试。

#### 4.2.1 居民区/高层/板楼场景——香榭丽花园

场景描述:香榭丽花园小区为16层板楼,中高层浅层覆盖较优,对于低层及电梯建议建设室分。

整体测试结论:高层密集居民区推荐使用S12、

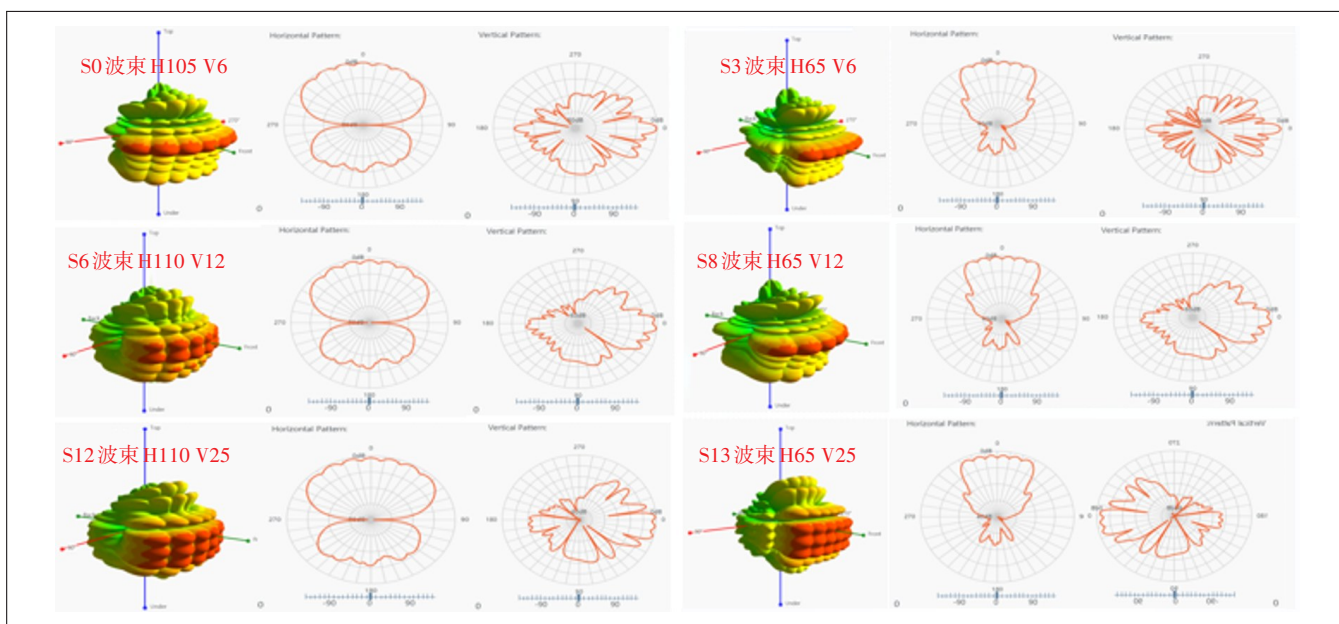


图6 6组Pattern波束覆盖效果示意图

S13,整体性能排序:S13>S12>S8>S6>S0。

分层测试结论(按高、中、低层抽样测试):

- a) 低层:S12最优,其次 S8>S13>S6>S0。
- b) 中层:S13最优,其次 S12>S8>S6>S0。
- c) 高层:S13最优,其次 S12>S8>S6>S0。

#### 4.2.2 居民区/高层/塔楼场景——繁荣昌盛

场景描述:繁荣昌盛小区为26层塔楼,楼高站高,中高层信号较好,对于低层和电梯建议建设室分。

整体测试结论:高层密集居民区推荐使用S13、S12;整体测试性能排序:S12>S13>S6>S8>S0。

分层测试结论:

- a) 低层:S12最优,其次 S6>S13>S8>S0。
- b) 中层:S12最优,其次 S13>S6>S8>S0。
- c) 高层:S12最优,其次 S13>S6>S0>S8。

#### 4.2.3 居民区/中层/板楼场景——盛世年华

场景描述:盛世年华小区为11层板楼,高层信号好,对于电梯建议室分覆盖。

整体测试结论:中层居民区推荐使用S6,整体测试性能排序:S6>S8>S12>S13>S0。

分层测试结论:

- a) 低层:S6最优,其次 S8>S12>S13>S0。
- b) 中层:S6最优,其次 S12>S8>S13>S0。
- c) 高层:S6最优,其次 S8>S12>S13>S0。

#### 4.2.4 居民区/低层场景——沪东新村

场景描述:沪东新村小区为6层老式楼房,楼低站高(楼高19 m,楼顶站84)。

整体测试结论:低层密集居民区或厂房推荐使用S6。整体性能排序:S6>S8>S12>S13>S0。

分层测试结论:

- a) 低层:S6最优,其次 S8>S12>S13>S0。
- b) 中层:S6最优,其次 S8>S13>S12>S0。

#### 4.2.5 居民区/低层/别墅场景——东源丽晶别墅

场景描述:东源丽晶别墅为3层别墅,楼低站高(楼高9.27 m,楼顶站53)。

整体测试结论:对于非密集别墅居民区建议使用S6或S3。整体测试性能排序:S6>S3>S8>S0。

分层测试结论:

a) 浅层(窗户):S6最优,其次S3>S8>S0。

b) 深层(室内):S3最优,其次S6>S8>S0。

#### 4.2.6 高层/酒店场景——汤臣洲际酒店

场景描述:汤臣洲际酒店为24层塔楼,室外信号仅能覆盖浅层,深度覆盖建议建设室分。

整体测试结论:裙楼加高层密集楼宇推荐使用S12或S13,整体性能排序:S12>S13>S8>S6>S0。

分层测试结论:

a) 低层:S12最优,其次S8>S13>S6>S0。

b) 中层:S12最优,其次S8>S13>S6>S0。

c) 高层:S12最优,其次S13>S6>S8>S0。

#### 4.2.7 中层/商场场景——八佰伴

场景描述:八佰伴商场为10层商场,楼低站高(楼高31 m,楼顶站85),室外信号仅能覆盖低层浅层区域,深度覆盖建议室分覆盖。

整体测试结论:密集中层楼宽场景浅层覆盖推荐使用S6,深度覆盖建议建设室分。

分层测试结论:

a) 浅层(入口处):S6最优,其次S0;

b) 深层(内部餐饮区):S6最优,其次S0;

### 4.3 七大场景优选 Pattern

根据测试结果,针对七大楼宇场景,配置不同Pattern参数下,以RSRP值为主,参考SINR和Throughput指标进行比较,给出如表2所示建议。

## 5 结论与展望

本文结合5G网络实际,对5G深度覆盖场景采用

表2 七大场景Pattern选型建议

场景	场景特征	测试点	优选Pattern	具体测试结论
居民区/高层/板楼	中密度建筑群,墙体厚,周边环境复杂	香榭丽花园	S13、S12	S13>S12>S8>S6>S0
居民区/高层/塔楼	高密度建筑群,墙体厚,周边环境复杂	繁荣昌盛大厦	S13、S12	S12>S13>S6>S8>S0
居民区/中层/板楼	中密度建筑群,墙体厚,周边环境复杂	盛世年华小区	S6	S6>S8>S12>S13>S0
居民区/低层	高密度建筑群,墙体薄,周边环境单一	沪东新村、泉东新村	S6	S6>S8>S12>S13>S0
居民区/别墅	低密度建筑群,墙体薄,周边环境单一	东源丽晶别墅	S6	S6>S3>S8>S0
酒店	底层楼群大,带高层建筑,墙体厚,3G/4G室分覆盖为主,周边环境复杂	锦江汤臣洲际酒店	S12	S12>S13>S8>S6>S0
商场	高密度建筑群,楼群大,中低层,墙体厚,3G/4G室分覆盖为主,周边环境复杂	八佰伴	S6	S6>S0

不同的Pattern选型进行分析测试。验证了七大场景、31个Pattern模式,依据对比验证结果,最终成功梳理出不同楼宇深度覆盖场景下的Pattern选型建议,总结输出七大场景的Pattern优选模式,有效指导网络深度覆盖优化工作,在提升网络性能的同时,改善用户感知。

### 参考文献:

[1] JORGE L, OLENEWA. 无线通信原理与应用[M]. 3版. 北京:清华大学出版社,2016.

[2] 李明. 浅析5G时代室内分布系统发展趋势研究[J]. 电子世界, 2018(24):42.

[3] User Equipment (UE) radio transmission and reception; 3GPP TS 38.101[S/OL].[2020-01-20]. ftp://ftp.3gpp.org/.

[4] 林云. MIMO技术原理及应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.

[5] 贺良贞,曾文,赵国柱. 5G Massive MIMO关键技术及应用[C]//2019广东通信青年论坛优秀论文专刊. 2019.

[6] 陈山枝. 大规模天线波束赋形技术原理与设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2019.

[7] 陈旭彬,杨大成. 多用户MIMO:下一代移动通信关键技术[J]. 移动通信,2007(10):101-104.

[8] 杨凌,高楠. 5G移动通信关键技术及应用趋势[J]. 电信技术, 2017(5):15-19.

[9] LUTHER E. 5G大规模多入多出(MIMO)测试台:从理论到现实[J]. 国外电子测量技术,2014(11):6-11.

[10] OSSEIRAN A, MONSERRAT J F, MARSCH P. 5G移动无线通信技术[M]. 陈明,缪庆育,刘楷,译. 北京:人民邮电出版社,2017.

[11] 刘光毅,方敏,关皓,等. 5G移动通信面向全连接的世界[M]. 北京:人民邮电出版社,2019.

[12] 杨旻,时光,王浩文. 5G仿真与评估方法[M]. 北京:电子工业出版社,2017.

### 作者简介:

陈志强,毕业于北京邮电大学,硕士,主要从事无线网络优化工作;李凌,毕业于复旦大学,硕士,主要从事无线网络优化工作。

