



5G大规模天线技术及其它 空口技术

中国电信技术创新中心
2017-09

5G通信



目录

CONTENTS

1

大规模天线技术分析

2

天线形态与部署分析

3

大规模天线标准进展

4

应用与测试思考

5G通信

目录 CONTENTS	1	大规模天线技术分析
	2	天线形态与部署分析
	3	大规模天线标准进展
	4	应用与测试思考

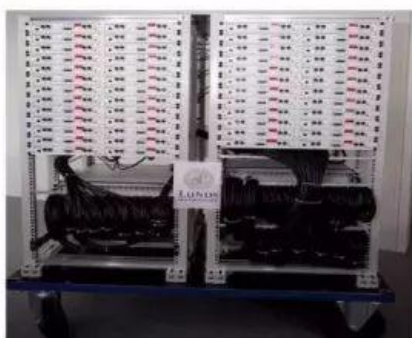
<3>

5G通信

大规模天线简介

中国电信 CHINA TELECOM

- 大规模天线Massive MIMO，又称为large-scale MIMO，顾名思义，就是在基站端安装上百根天线（128根、192根），从而实现上百个天线同时发数据。



(a)



(b)

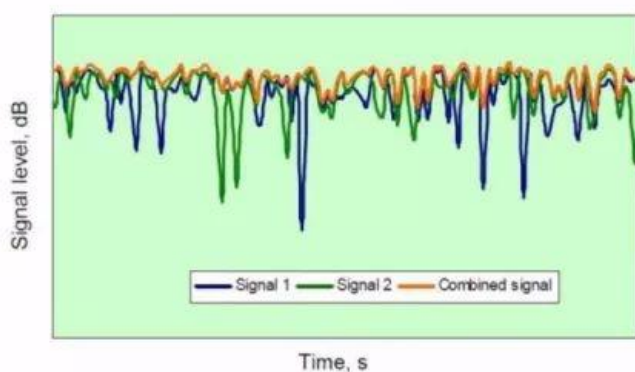
瑞典Lund大学——基于USRP RIO的大规模MIMO测试台

5G通信

大规模天线分集增益



- 与传统的MIMO相比，Massive MIMO的不同之处主要在于，天线趋于很多（无穷）时，信道之间趋于正交。系统的很多性能都只与大尺度相关，与小尺度无关。
- 在继承传统的MIMO技术的基础上，利用空间分集Massive MIMO可以有效提升数据传输的鲁棒性。



大规模天线复用增益



128根天线组成圆柱形天线阵列

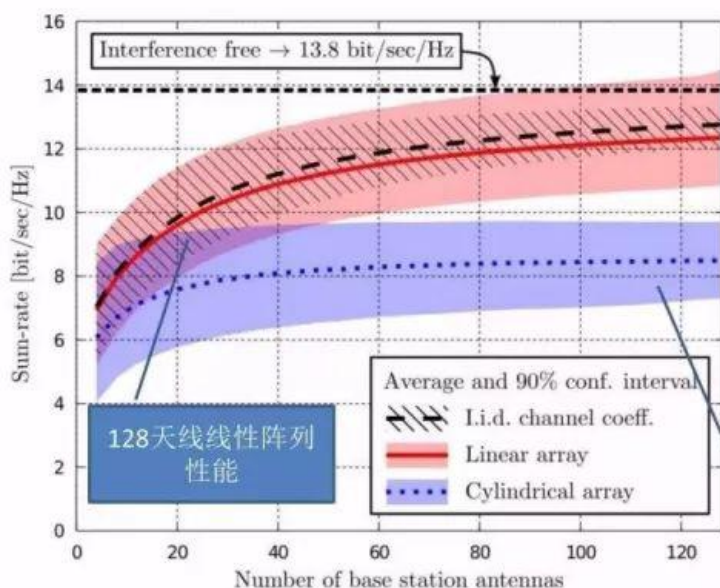


128根天线组成的直线形天线阵列

瑞典Linköping University、瑞典Lund University和贝尔实验室合作开发了工作于2.6GHz的128天线阵列，天线阵列的阵元间隔为 $\lambda/2$ ；



大规模天线复用增益



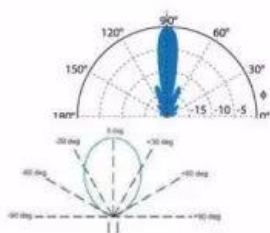
发送端：采用最大比发送(MRT)方式的两种天线阵列的下行合速率对比。

接受端：单天线4个用户

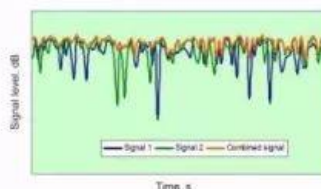
图示：下行合速率 vs 基站天线数目

大规模天线增益概述

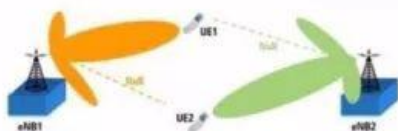
阵列增益



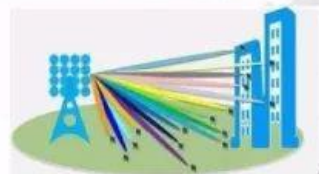
分集增益



干扰抑制增益



空间复用增益



大规模天线高低频应用



➤ 大规模天线技术在高/低频应用逐渐广泛



<9>

5G通信



<10>

5G通信

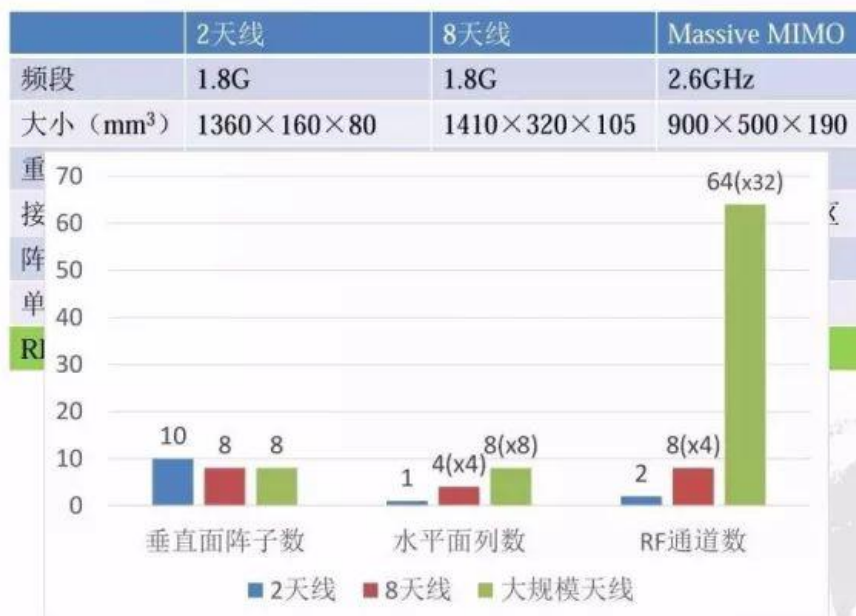
天线形态发展

	2天线	8天线	Massive MIMO
频段	1.8G	1.8G	2.6GHz
大小 (mm ³)	1360×160×80	1410×320×105	900×500×190
重量 (kg)	10kg	20.5kg	40kg
接口	2接口/扇区	9接口/扇区	光纤接口/扇区
阵子 (个数)	10×1×2 (20)	8×4×2 (64)	8×8×2 (128)
单列 (dBi)	≥16.5~17	≥14~17	≥14~17



<11>

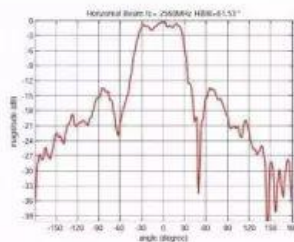
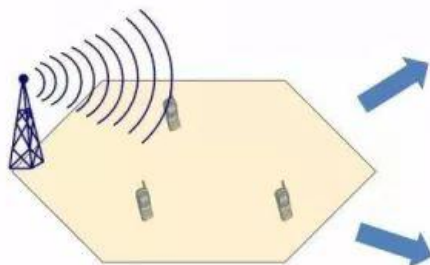
大规模天线增益分析



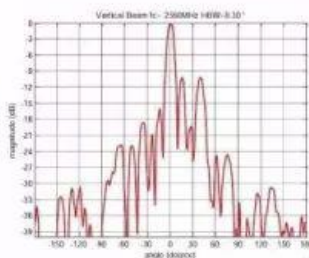
<12>

大规模天线增益分析

小区公共信道覆盖



水平面HPBW
65±5度

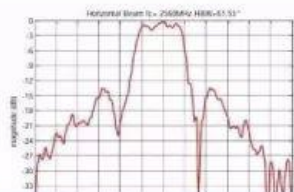
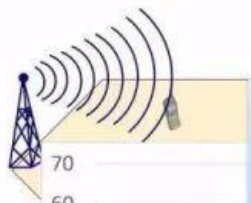


垂直面HPBW
≥6.5~7度

<13>

大规模天线增益分析

小区公共信道覆盖



水平面HPBW
65±5度

- 由于三种天线每列阵子数接近，垂直覆盖8天线和大规模天线相对2天线没有增益（特殊场景除外，如高楼覆盖）；
- 由于水平面波束宽度限制，水平覆盖8天线和大规模天线相对2天线在总功率相同下，覆盖没有明显增益；

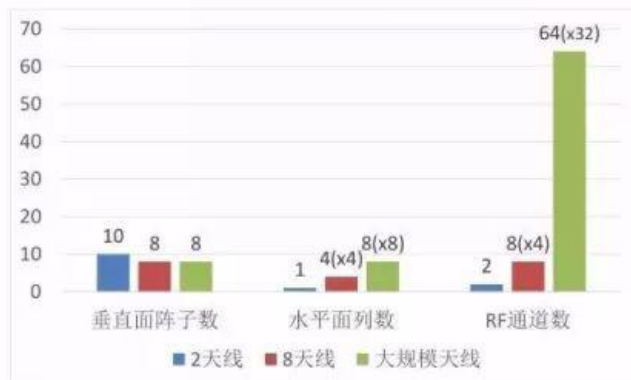
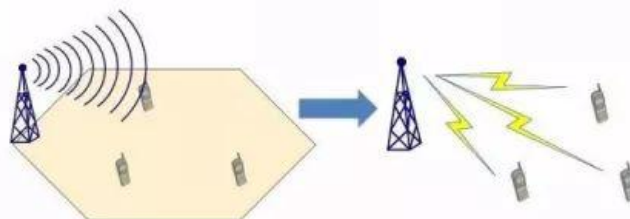


垂直面HPBW
≥6.5~7度

<14>

大规模天线增益分析

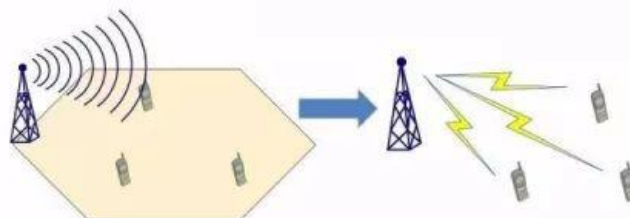
➤ 用户信道覆盖



<15>

大规模天线增益分析

➤ 用户信道覆盖



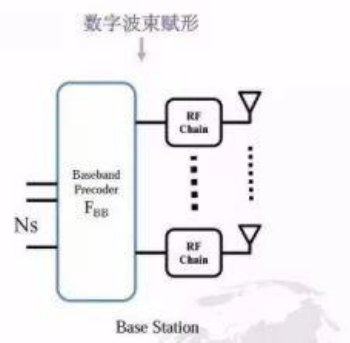
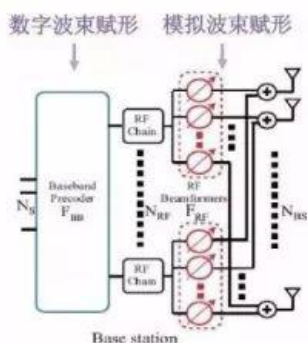
- 业务波束变窄，提升覆盖
- 天线数增加，提升空间自由度

<16>

设备商样机架构



- 业界普遍认为，大规模天线是满足5G峰值吞吐量的重要手段之一，多家公司已经完成了样机的研发和验证。
- 在6GHz以下频段大规模天线样机仍以国内厂家为主。



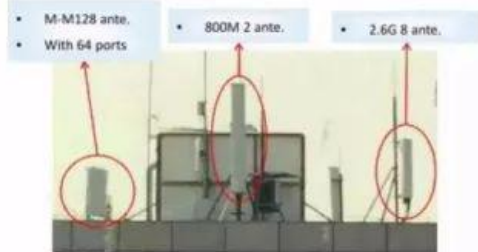
- 目前大部分厂商采用数字架构实现大规模天线样机
 - 为测试需要，实现更高的峰值速率；
 - 低频器件成本相对较低；
 - 容量与覆盖兼顾；

全数字架构DBF

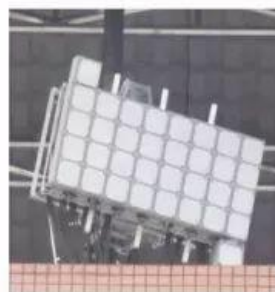
2.6G单基站大规模天线性能



华为天线数192天线，64TxRU，频点2.4G，带宽100MHz；测试终端2天线，24个测试终端；
最高小区频谱效率：30.5bps/Hz；



- 2.6G频点样机以TDD为基础进行研究，在单站测试中，下行平均频谱效率都获得相对于现有LTE系统3倍的增益。
- 更复杂环境下的性能需进一步检验。



3.5G单基站大规模天线性能



- ◆ 厂家5G样机工作在3.5G频点\TDD\200M带宽基础上，在单站测试中，下行峰值频谱效率接近70~80bps/Hz，极限速率达到19Gbps（200MHz带宽）。
- ◆ 更高速率来源于测试终端，8天线以及更强处理能力。



公司	天线阵子	RF Chain	载频	架构	测试峰值
Huawei	192	64	3.5GHz (200M)	数字	16Gbps
ZTE	192	64	3.5GHz (200M)	数字	19Gbps
CATT	256	128	3.5GHz (200M)	数字	未测

19

大规模天线组网性能仿真

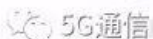


➤ R1-150445（CMCC）

Simulation results of baseline case for channel reciprocity based operation with MU-MIMO 2Tx SRS (RU: 50%)

3D-UMi, 200m ISD	8TXRU	Case 1 (8,4,2,16) subarray	Case 2 (8,4,2,32) subarray	Case 3 (8,4,2,64) One-to-one
5%UPT(bps/Hz)	0.44	0.8 (181.8%)	1.14 (259.1%)	1.25 (284.1%)
50%UPT(bps/Hz)	2.29	3.82 (166.8%)	4.48 (195.6%)	4.73 (206.5%)
Mean UPT(bps/Hz)	2.62	3.53	4.04	4.22
RU	50%	37%	31%	30%

<20>



大规模天线增益分析

➤ 覆盖：

- ✓ 考虑公共信道作为覆盖基础，则典型覆盖场景下，8天线和大规模天线相对2天线覆盖增益不明显；
- ✓ 赋形还可能带来公共信道覆盖稳定性差的隐患；
- ✓ 未来网络很可能以业务信道吞吐量为覆盖标准，则8天线和大规模天线会带来较明显的覆盖增益；移动测试供参考，以5Mbps小区边缘速率的要求，8天线下行覆盖半径相对2天线平均提升约39%；上行覆盖半径平均提升约44%；
- ✓ 大规模天线调整覆盖形态/减少邻区干扰，能提供更好的覆盖概率。

➤ 容量：

- ✓ 大规模天线可以带来小区容量提升；
- ✓ 大规模天线技术的复杂性也会带来增益的不稳定性，需要仔细评估组网条件下大规模天线的性能。

<21>

目录

CONTENTS

1

大规模天线技术分析

2

天线形态与部署分析

3

大规模天线标准进展

4

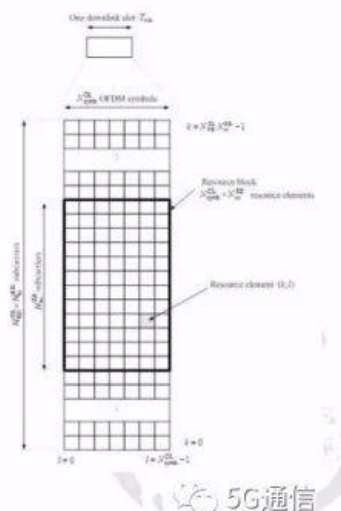
应用与测试思考

<22>

5G系统--帧结构

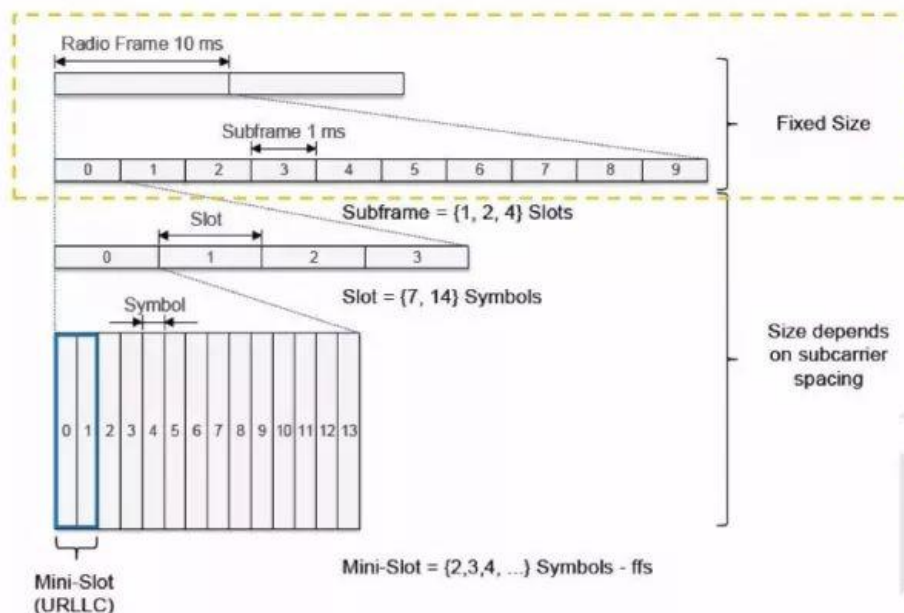
➤ 帧结构

- 支持子帧(subframe)、时隙(slot)和微时隙(mini-slot)结构，以及自包含(self-contained)子帧结构；
- 帧长固定10ms，子帧长固定1ms；
- 时隙slot长度
 - ✓ 子载波间隔60KHz及以下：7或14个符号；
 - ✓ 子载波间隔60KHz以上：14个符号；
- 子载波间隔
 - ✓ 载频6GHz以下：15KHz、30KHz、60KHz；
 - ✓ 载频6GHz以上：60KHz、120KHz、240KHz；
- 一个PRB包含的子载波数目：12



<23>

5G系统--帧结构

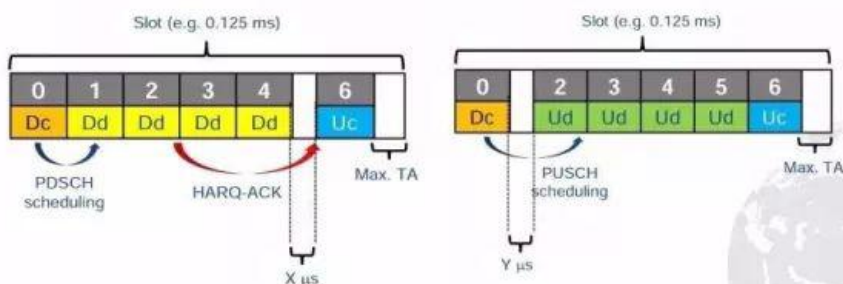


<24>

5G系统--自包含帧结构

➤ 自包含帧结构

- 一个子帧中包含上行和下行
- 下行数据和ACK/NACK在同一个子帧内传输
- 下行调度信令和上行数据在同一个子帧内传输



<25>

5G系统—波形与编码

➤ PCI (Physical cell ID)数目

- 1008 (LTE PCI=PSS+3*SSS, 504个)

➤ ECI 36bits -- 687亿 (LTE 28bits)

➤ 波形

- DL: CP-OFDM
- UL: CP-OFDM或DFT-S-OFDM

➤ 信道编码

- eMBB数据信道: LDPC (Turbo)
- eMBB控制信道/广播信道: Polar

<26>

5G系统—载波聚合与多天线



- 带宽
 - 单载波最大带宽400MHz (LTE: 20MHz)
- 载波聚合/双连接
 - 最多支持16个载波 (LTE 下行5个)



<27>

大规模天线 – LTE演进



大规模天线 – 5G NR

➤ MIMO

- CSI-RS: 至少32个端口
- DM-RS
 - ✓ SU-MIMO: 最多8个端口
 - ✓ MU-MIMO: 最多12个端口

➤ Multi-panel天线传输

- 集多面板传输, 分布式传输, CoMP等多种概念的传输集合;

➤ 波束管理 (Beam Management)

- Beam monitor;
- Beam reporting;
- Beam Selection/Switching;
- Beam Recovery;

<29>

5G通信

大规模天线 – 5G NR

➤ 信道反馈

- 对于全信道互易性, 干扰反馈
 - ✓ 显式干扰反馈: e.g., Interference covariance matrix, diagonal elements of interference covariance matrix
 - ✓ 隐式干扰反馈: e.g., Interference PMI feedback
 - ✓ 显示信道反馈: e.g., CSI of multiple TRPs
- 对部分信道互易性
 - ✓ 部分CSI反馈给eNB以获得全信道信息
- 研究CSI-RS和SRS在相同时隙传输, 用于快速信道获取

<30>

5G通信

目录

CONTENTS

1

大规模天线技术分析

2

天线形态与部署分析

3

大规模天线标准进展

4

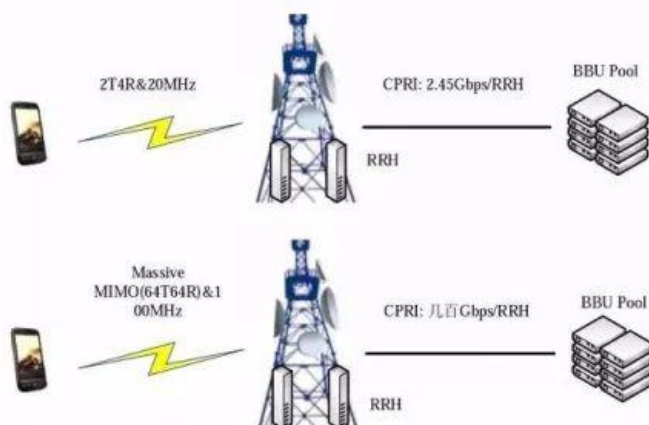
应用与测试思考

<31>

5G通信

应用与测试思考

◆ 前传带宽



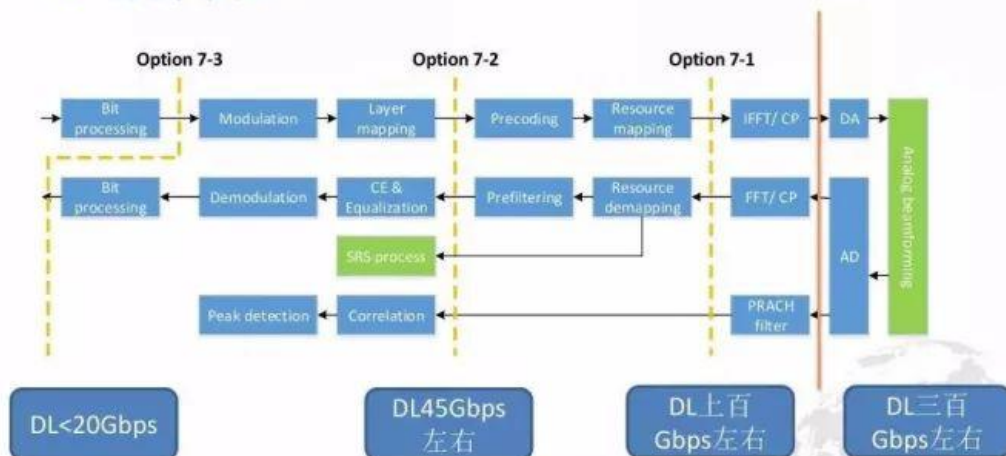
大规模天线导致前传带宽要求剧增，需要寻求新的解决方式

<32>

5G通信

应用与测试思考

◆ 前传带宽



5N研究底层CU/DU分离方案，缓解前传压力

<33>

5G通信

应用与测试思考

- 由于2天线和8天线设备在移动TD-LTE网络中已经大规模商用，加上TD-SCDMA前期积累，产业链较为成熟，部署成本低，可以在2.6GHz网络建设中优先考虑；
- 2T2R设备可考虑部署在覆盖要求高，而流量要求相对较低的地区，以提供覆盖为主；
- 8T8R设备可以考虑部署在站址密集，覆盖不受限而干扰受限地区，以提供容量增益为主；
- 部分混合场景可以考虑插花部署；
- 64TxRU大规模天线成本高，产业不成熟，对站址要求高，可以先开展试点测试；
- 性价比是网络部署的重要因素，同时网络的绝对速率和产业链成熟也是网络部署考虑的重要因素；

2天线

8天线

大规模天线

<34>

5G通信

应用与测试思考

从设备测试角度分析

- ◆ 2天线产品测试方法最成熟；
- ◆ 8天线设备通过大规模商用，积累了大量经验，测试方法相对成熟；并且RF通道数相对少，天线和基站可以分开测试，这些都降低了测试复杂度，但是现网性能增益仍待检验；
- ◆ 大规模天线(64TxRU)产品集成度高，测试方法不成熟；通道数多，赋形方式复杂，天线和RF设备一体化程度高，都对测试提出较高要求；



<35>

5G通信

应用与测试思考

模块天线设计

- ◆ 研究目的：
 - 由于射频模块与天线集成在一起，增加整体天线厚度和重量，增加部署难度；
 - 通道数多，检测困难；
- ◆ 优势：
 - 减轻天线重量，降低天线安装/维护难度；
 - 实现天线按场景组合；
 - 降低天线检测难度；



<36>

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

