



5G

全网部署与优化

主讲：IUV

目录

CONTENTS

01

5G系统概述

02

5G全网部署流程

03

5G全网优化分析

04

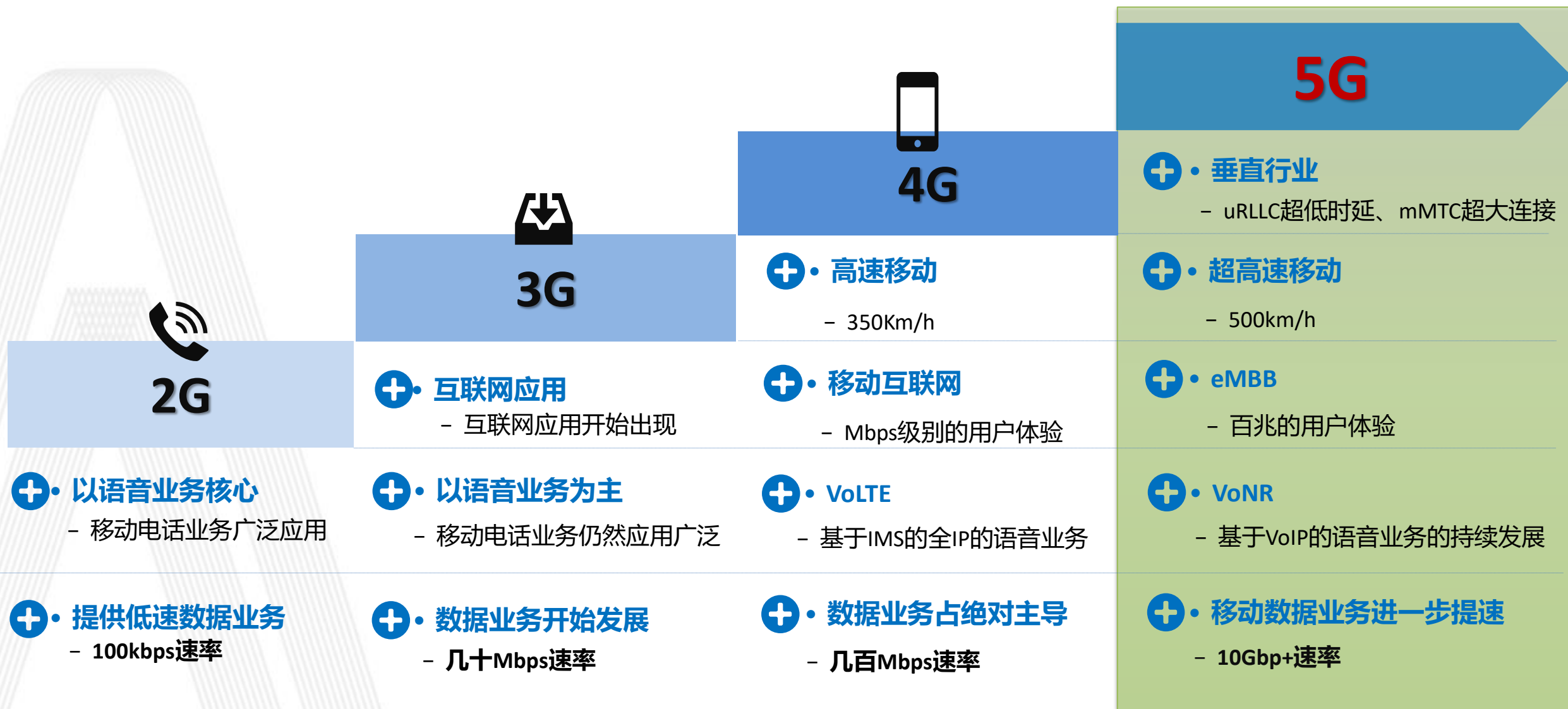
5G关键知识点解析



01

5G系统概述

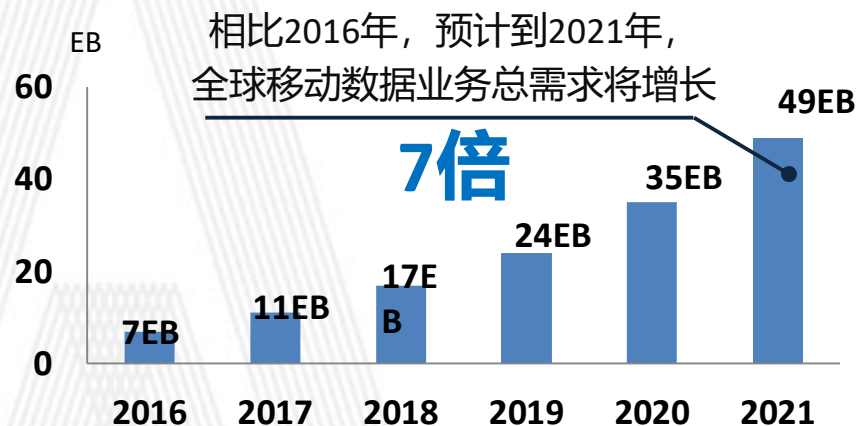
什么是5G



5G面向垂直行业和万物互联，支持更高速率，更大连接，更低延时

5G面临哪些问题

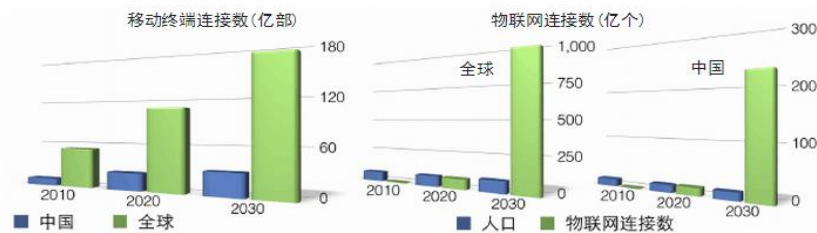
移动数据业务**流量**爆炸式增长
现有4G网络容量难以满足



Source: Cisco VNI Mobile, 2017

物联网蓬勃发展，现有4G网络**海量连接**能力待提升

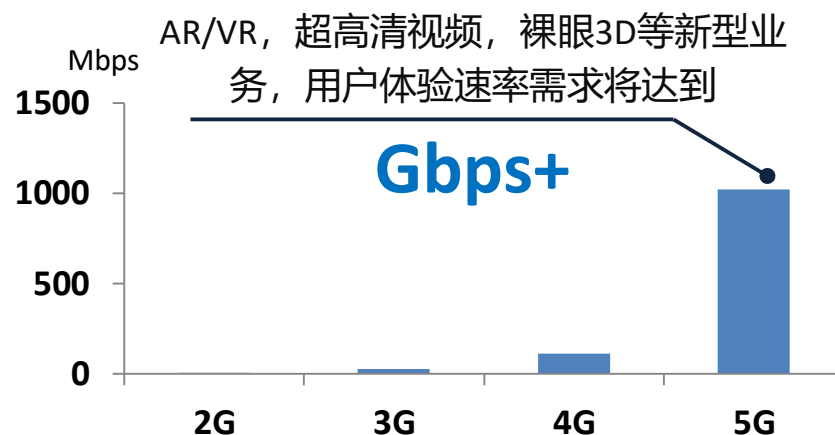
至2020年，全球物联网连接数将达到**上千亿**



2010-2030年全球和中国移动终端及物联网连接数增长趋势

Source: IMT-2020(5G推进组)5G愿景及白皮书

用户体验**速率**要求越来越高
现有4G网络承载能力终将不足



车联网，工业控制等新领域，现有4G网络难以满足**超低时延**超高可靠场景需求

车联网，工业控制等新领域要求**1ms低时延**，**近100%高可靠**

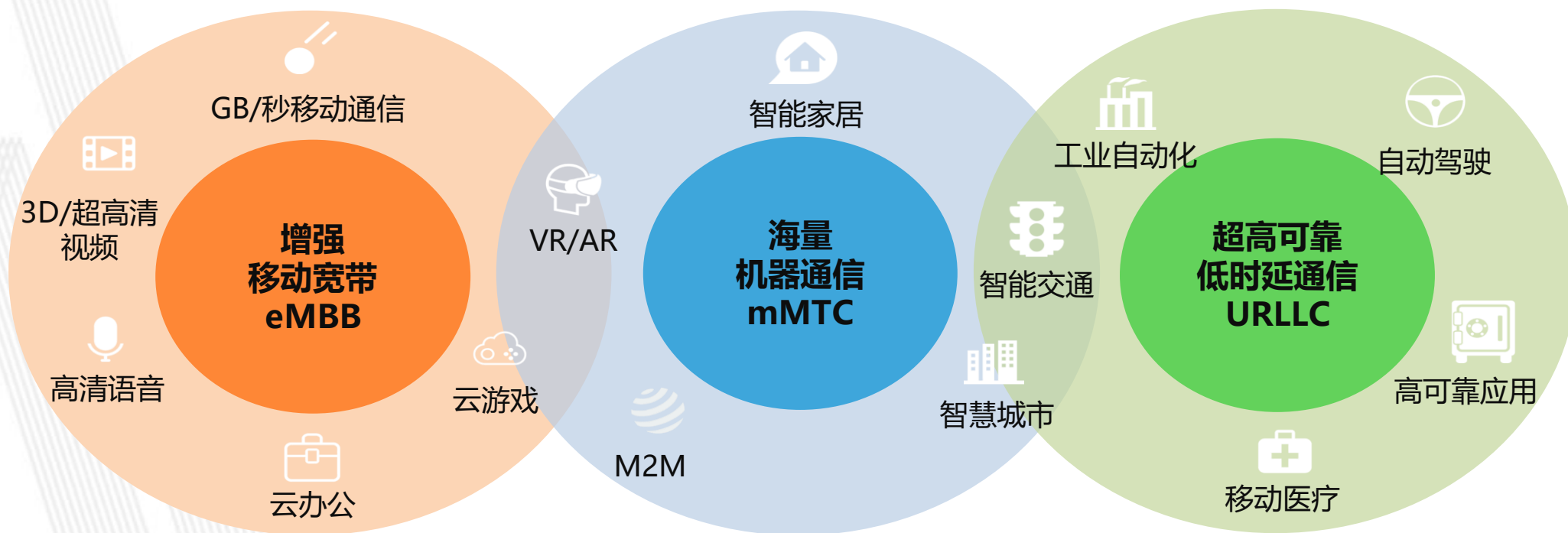
- 车联网领域：自动驾驶：端到端时延低于3ms，可靠性至少99.999%
- 工业互联网领域：网络能力差异较大，某些工业控制类业务要求超低时延 (~1ms)，高可靠性 (99.999%)
- 其他新领域：高端智能机器人，智能电网，远程医疗等，要求上百Mbps，1ms~几十ms 端到端时延，接近100%可靠性

5G解决了什么问题

容量增强

接入海量终端

超高可靠超低时延



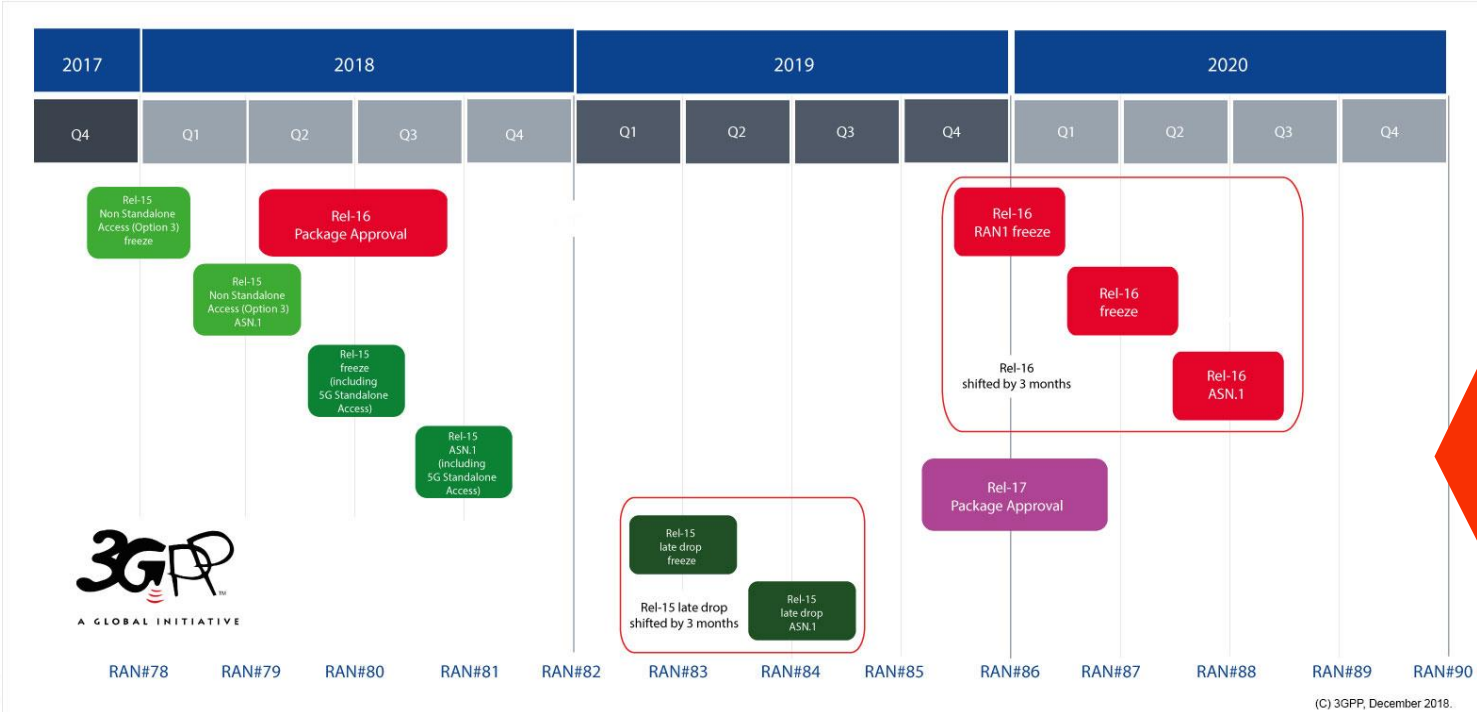
1000倍网络容量提升
10-100倍用户速率提升

每平方公里1000K连接数
10倍+电池寿命延长

1ms时延
99.999%可靠性



3GPP 5G NR 协议标准



5G协议共分R15、R16、R17三个阶段，中国立项协议数量居全球首位

时间	版本号	冻结内容
2017.12	R15	eMBB-Option3
2018.6	R15	eMBB-Option2
2019.3	R15-Late Drop	eMBB-Option4, Option 7和5G-5G双连接
2020.3	R16	uRLLC
2021	R17	mMTC

5G商用进展分析

2018.4.2, 中国移动与中兴通讯在广州成功打通了基于3GPP R15标准的国内第一个5G电话, 正式开通端到端5G商用系统规模外场站点

NSA
First call

2019.9.27, 中国电信与中国联通第一个5G NSA共建站点开通。
2019.12.14, 中国电信与中国联通第一个5G SA共建站点开通

联通电信
共建基站

SA
First call

2019.4.18, 中国电信率先在华
为5G网络率先实现了首个端到端5G SA语音通话

SA
广电5G

2019.11.23, 中国广电与华为在长沙成功开通第一个5G基站, SA组网模式。

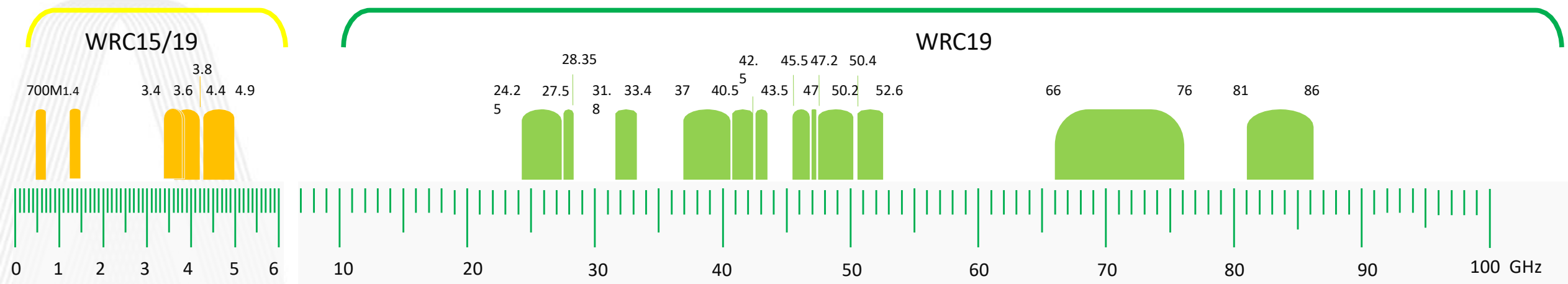


截止目前, 全国已开通5G基站15万, 预计到2020年底, 国内四家运营商的5G基站建设规模将达到60万个。

5G频谱介绍

中低频

高频



高频:

27.5-28.35G
37-38.6G
38.6-40G
64-71G

中低频:

2.5G
600M



高频:

24.25-27.5G
31.8-33.4G
40.5-43.5G

中低频:

3.4-3.6G
3.6-3.8G
700M



高频:

24.25-27.5G
37-43.5G

中频:

2.6G
3.3-3.6G
4.8-5G



高频:

27.5-29.5G

中频:

3.4-3.7G
4.4-5G



高频:

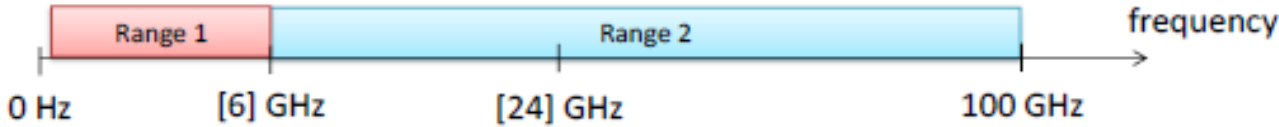
26.5-29.5G

中频:

3.4-3.7G

5G频率范围

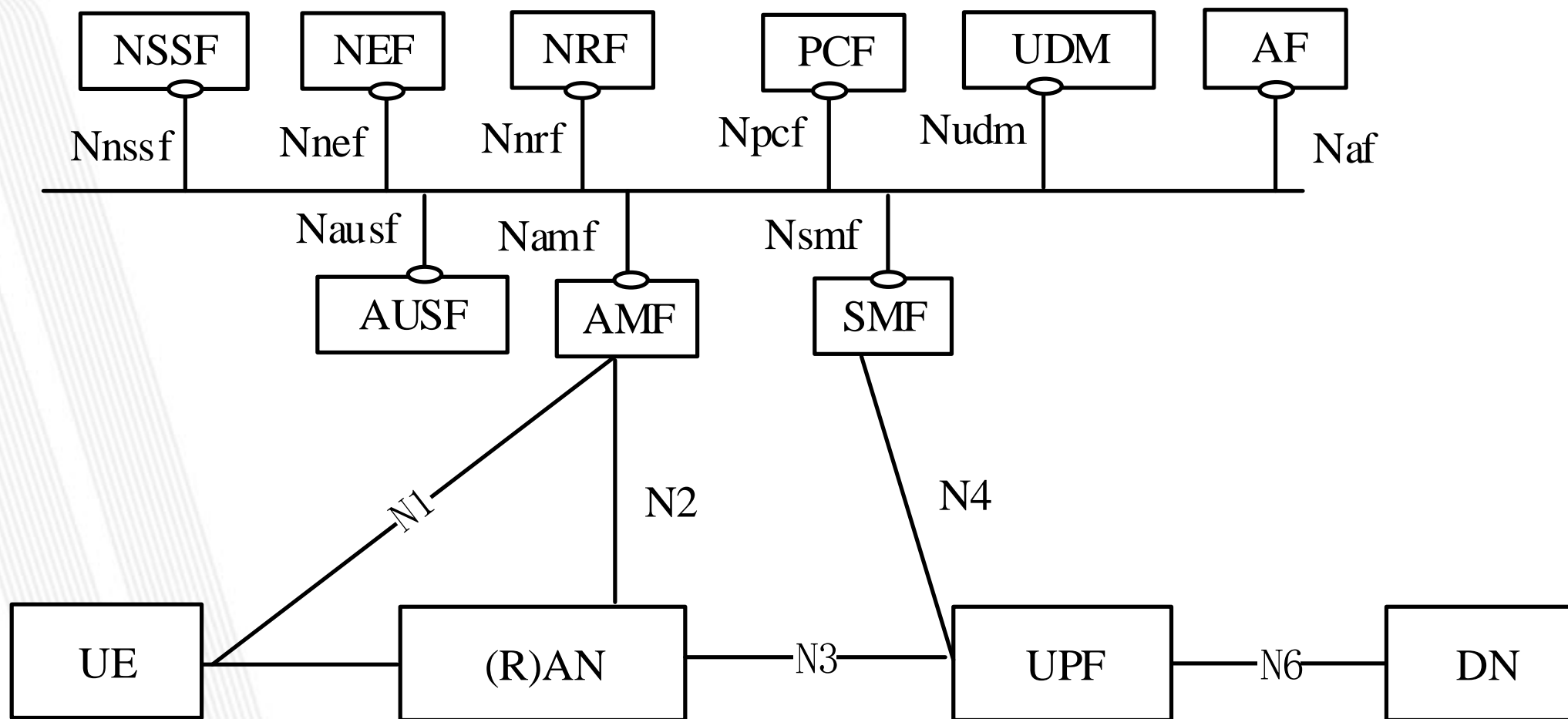
NR频段号	上行频段 基站接收/UE发射	下行频段 基站发射/UE接收	双工模式
n1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
n2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
n3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
n5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD
n7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	FDD
n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
n12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD
n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD
n25	1850 MHz – 1915 MHz	1930 MHz – 1995 MHz	FDD
n28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD
n34	2010 MHz – 2025 MHz	2010 MHz – 2025 MHz	TDD
n38	2570 MHz – 2620 MHz	2570 MHz – 2620 MHz	TDD
n39	1880 MHz – 1920 MHz	1880 MHz – 1920 MHz	TDD
n40	2300 MHz – 2400 MHz	2300 MHz – 2400 MHz	TDD
n41	2496 MHz – 2690 MHz	2496 MHz – 2690 MHz	TDD
n50	1432 MHz – 1517 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	TDD
n51	1427 MHz – 1432 MHz	1427 MHz – 1432 MHz	TDD
n65	1920 MHz – 2010 MHz	2110 MHz – 2200 MHz	FDD
n66	1710 MHz – 1780 MHz	2110 MHz – 2200 MHz	FDD
n70	1695 MHz – 1710 MHz	1995 MHz – 2020 MHz	FDD
n71	663 MHz – 698 MHz	617 MHz – 652 MHz	FDD
n74	1427 MHz – 1470 MHz	1475 MHz – 1518 MHz	FDD
n75	N/A	1432 MHz – 1517 MHz	SDL
n76	N/A	1427 MHz – 1432 MHz	SDL
n77	3300 MHz – 4200 MHz	3300 MHz – 4200 MHz	TDD
n78	3300 MHz – 3800 MHz	3300 MHz – 3800 MHz	TDD
n79	4400 MHz – 5000 MHz	4400 MHz – 5000 MHz	TDD
n80	1710 MHz – 1785 MHz	N/A	SUL
n81	880 MHz – 915 MHz	N/A	SUL
n82	832 MHz – 862 MHz	N/A	SUL
n83	703 MHz – 748 MHz	N/A	SUL
n84	1920 MHz – 1980 MHz	N/A	SUL
n86	1710 MHz – 1780 MHz	N/A	SUL



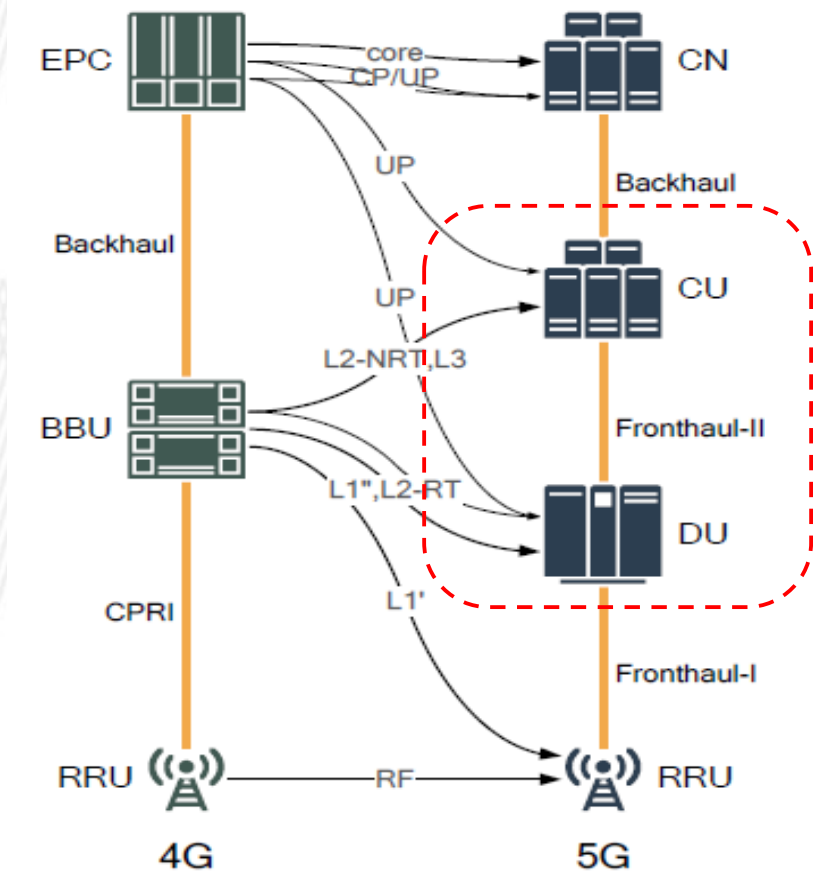
我国5G频谱分配情况

中国移动	2.515-2.675GHz, 4.8-4.9GHz
中国联通	3.5-3.6GHz
中国电信	3.4-3.5GHz
中国广电	700MHz, 4.9GHz

5G 网络总体拓扑



5G基站重构为CU和DU两个逻辑网元



5G的基站功能重构:

5G的基站功能重构为CU和DU两个功能实体。CU与DU功能的切分以处理内容的实时性进行区分。

CU:

CU(Centralized Unit): 主要包括**非实时**的无线高层协议栈功能, 同时也支持部分核心网功能下沉和边缘应用业务的部署

DU:

DU(Distributed Unit): 主要处理物理层功能和实时性需求的层2功能。考虑节省RRU与DU之间的传输资源, 部分物理层功能也可上移至RRU实现

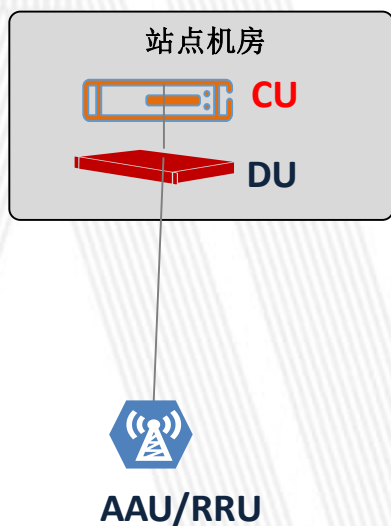
AAU:

原BBU基带功能部分上移, 以降低DU-RRU之间的传输带宽

RAN切分后带来的5G多种部署方式

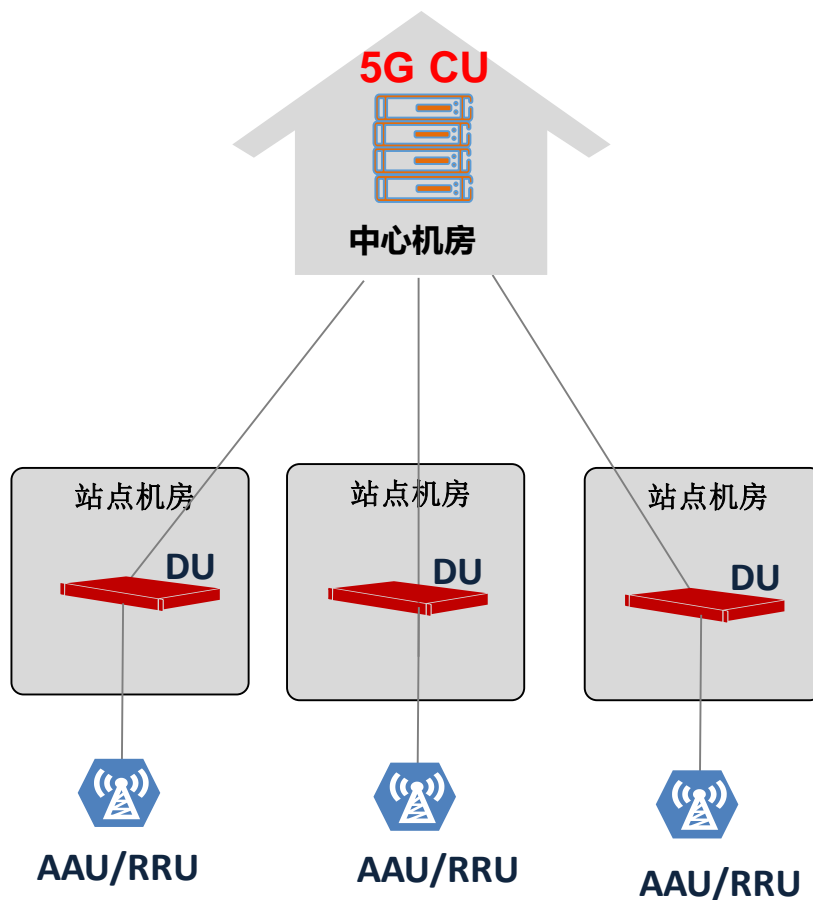
1

D-RAN



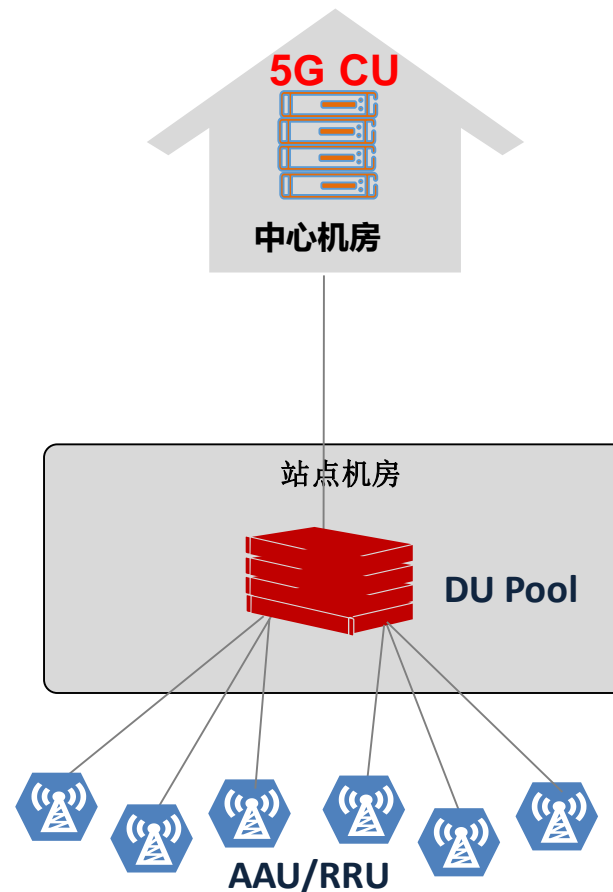
2

CU云化&DU分布式部署



3

CU云化&DU集中



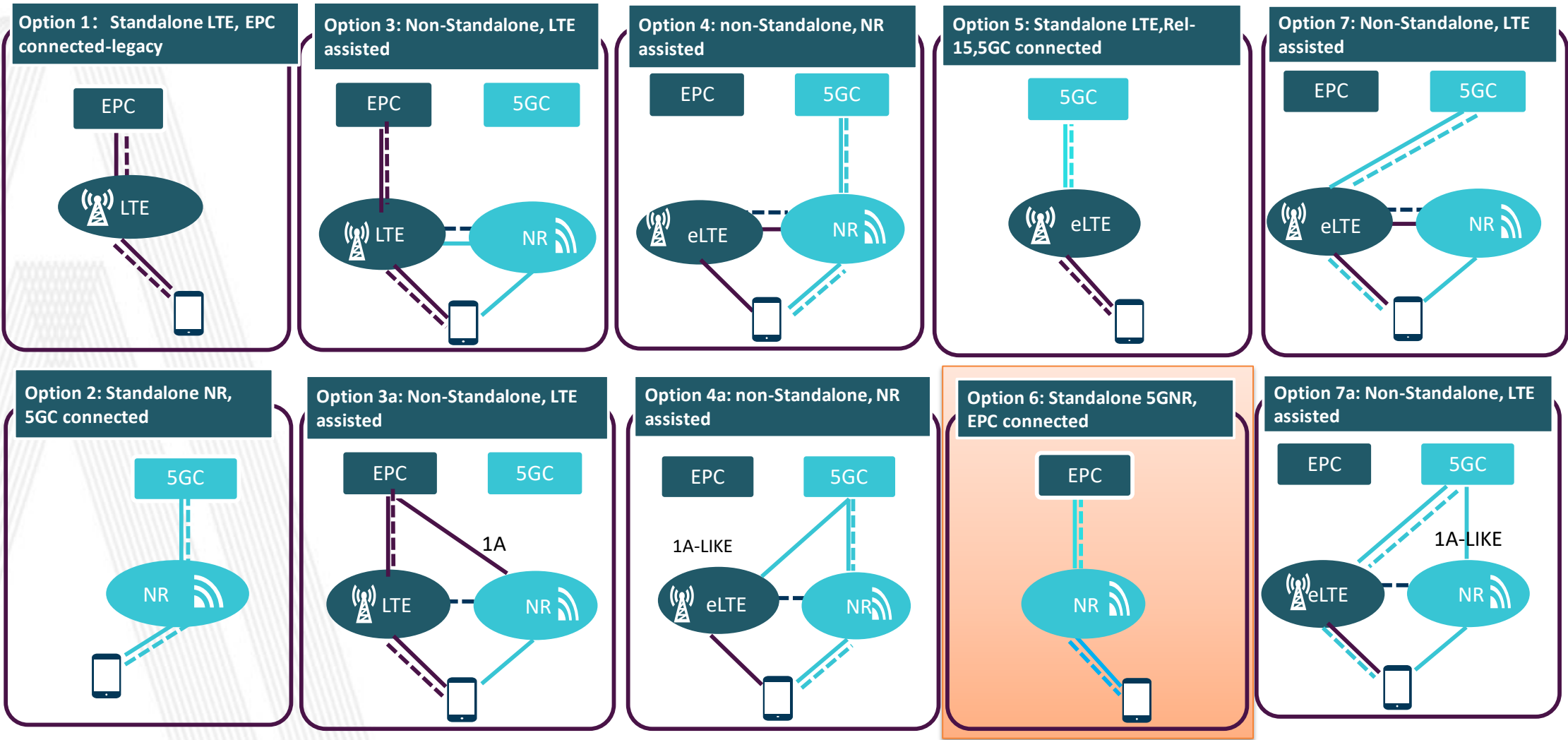
未来5G将D-RAN和CU云化并存，协同组网



02

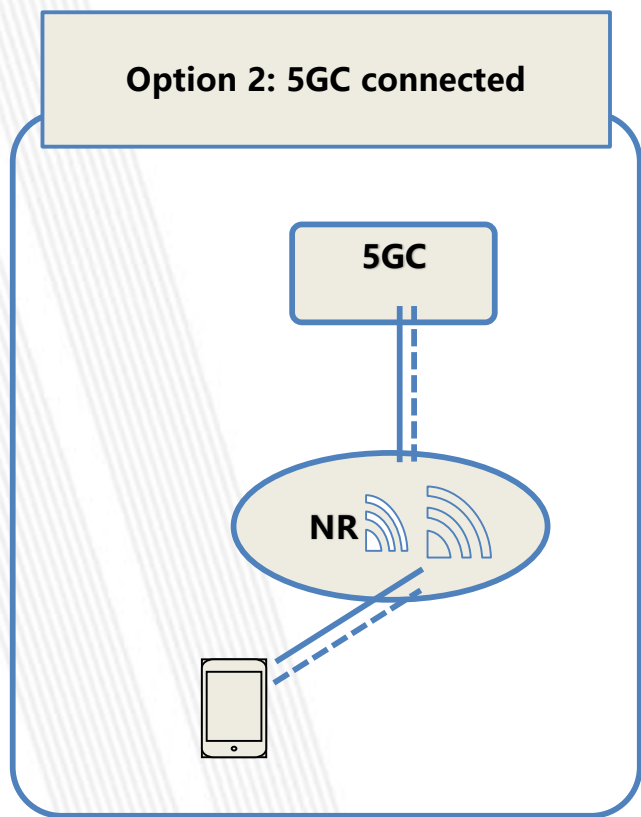
5G全网部署流程原理

协议定义的各种5G网络部署方式



Option2: 5G SA网络部署

独立部署(Standalone): 是指以5G NR做为控制面锚点接入5GC



无线侧为5G NR，核心网采用5GC，UE信令与数据都连接到5G NR，与LTE网络独立；

优势

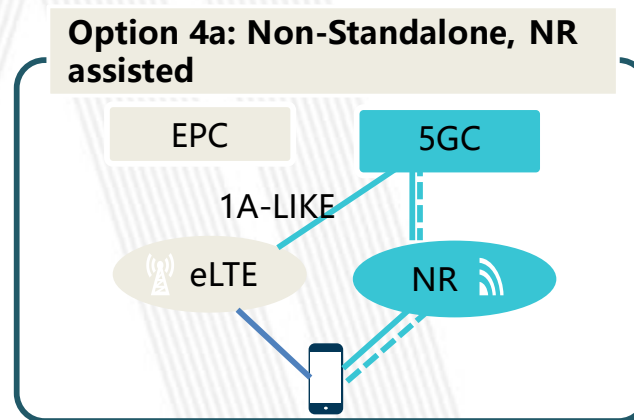
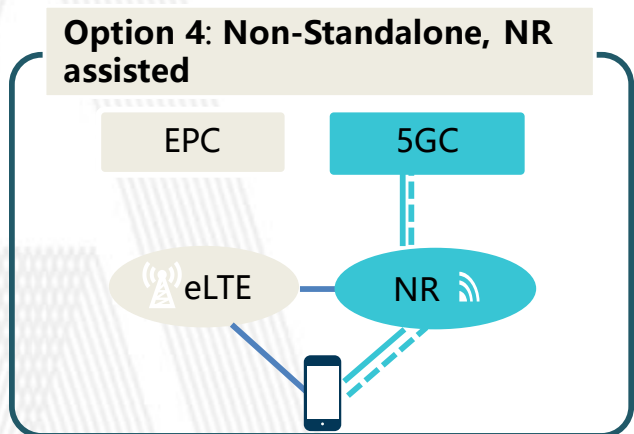
- 😊 对现有2G/3G/4G网络无影响
- 😊 不影响现网2G/3G/4G用户
- 😊 可快速部署，直接引入5G新网元，不需要对现网改造
- 😊 引入5GC，提供5G新功能新业务

劣势

- 😞 当NR未实现连续覆盖时，语音连续性依赖跨系统切换
- 😞 需要同时部署NR和5GC

Option 4/4a 架构：融合eLTE的5G独立建网

锚点在NR上，融合到5GC中，是5G standalone的一个变化能够利用现网LTE eNB。



优势

- 😊 支持5G NR和LTE 双连接，带来流量增益
- 😊 引入5GC，支持5G新功能新业务

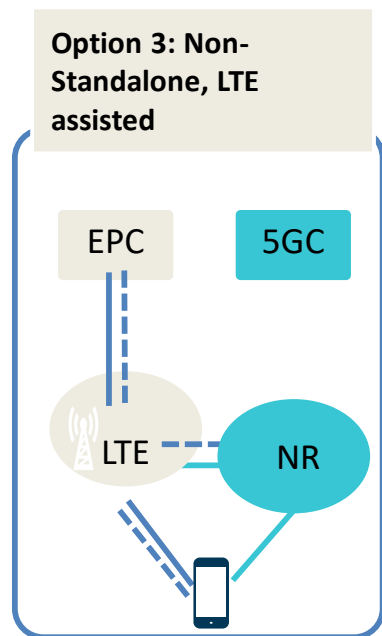
劣势

- 😞 需要对现网LTE改造
- 😞 需要同时部署NR和5GC

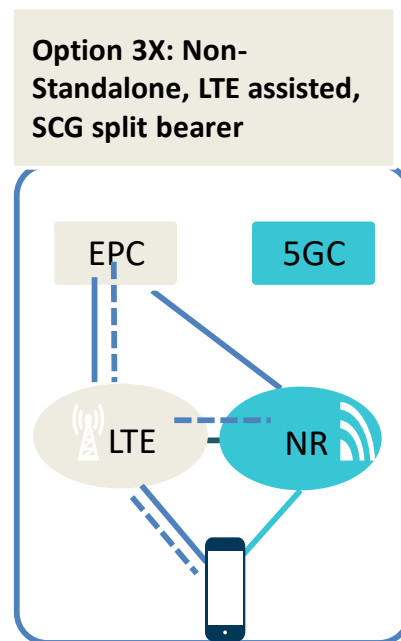
Option3/3x: 典型的NSA架构

NSA Option3模式下，LTE eNodeB不但要作为NR锚点，还需要作为数据汇聚和分发点，对LTE eNodeB处理能力要求很高。

Option 3X作为Option3的优化方案，将NR作为数据汇聚和分发点，充分利用NR设备处理能力更强的优势，便捷提升网络处理能力。



NR数据面需要LTE作为路由，对LTE处理能力要求高



NR作为数据汇聚和分发点，可充分利用，NR设备处理能力更强的优势

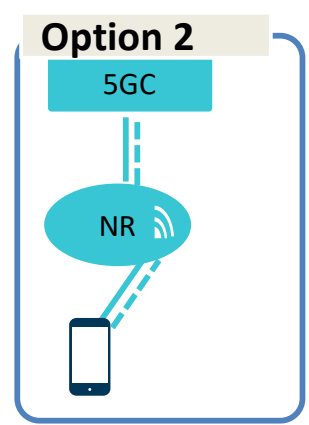
Option3X充分利用NR处理能力更强的优势，实际可操作性更强

5G多种网络部署方式应用建议

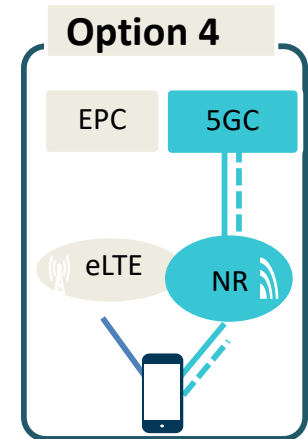
NR连续覆盖场景

推荐优先采用Option 2建网

Option 2对LTE网络无影响，引入简单，可快速验证5G性能，但NR需实现连续覆盖，否则语音业务切换流程复杂，QoS无法保障



Option 2



Option 4

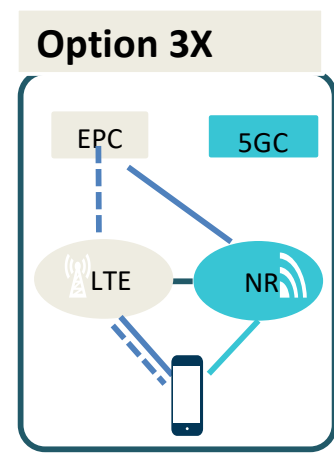


NR逐步实现连续覆盖

NR非连续覆盖场景

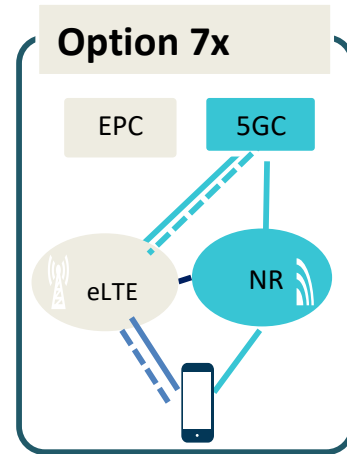
采用Option 3X或Option 7X建网

Option 3X网元更改少，与现网耦合程度深，适合引入初期NR终端比例小的情况；Option 7X可实现全5G能力，有效避免后续无线网络的多次升级，适合在5GC产业成熟情况下的引入；



Option 3X

Or



Option 7X

SA vs NSA优劣势分析

SA



Option2对4G LTE网络无影响，建网一步到位



支持5G各种新业务及网络切片



Option4/4a需要4G升级至eLTE，Option4无线网分流需升级4G BBU硬件



需要5G NR成片连续覆盖，初期投资成本高

NSA



5G按需投资，快速建网，投资回报更快



NSA标准冻结早，产业更成熟，业务连续性更好



Option3/3a需改造4G无线网和EPC支持双连接功能，Option7/7a需升级4G无线网至eLTE，无需改造EPC，依赖5GC产业成熟度



5G建设和4G LTE强绑定，NSA到SA的过程需要无线网和核心网多次升级



初期投资成本低，但是难以引入5G新业务，SA目标网总投资成本高

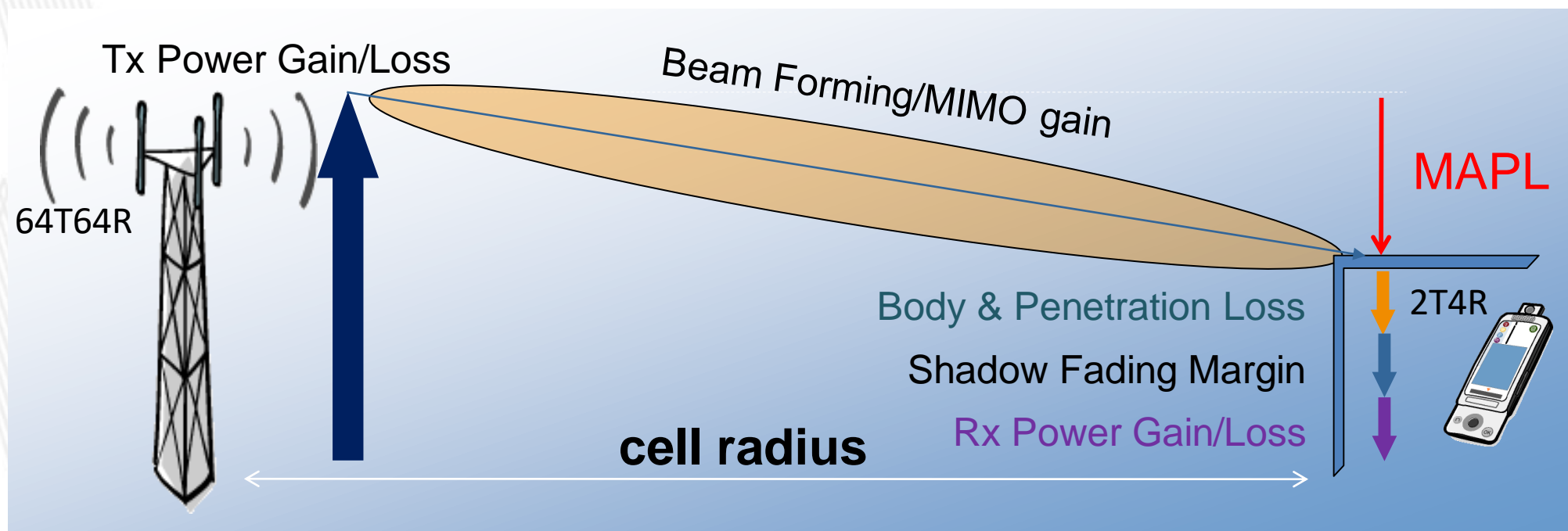
相对于NSA，SA对LTE现网改造更小，且便于引入5G新业务，但是投资成本高，产业进度略晚

SA和NSA各有优劣，建议运营商根据实际需求选择建网模式

网络规划-无线链路预算

链路预算目的：通过链路预算得到**最大允许路径损耗(MAPL)**，再结合**传播模型**计算得到小区覆盖范围

5G链路预算特点：MassiveMIMO大规模天线增益，100M大带宽提供更高业务速率



MAPL

=

Effective Tx Power

+

Rx Gain

-

Rx Sensitivity

-

Margin

网络规划-无线链路预算

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。
(其原始模型参见3GPPT TR 36.873)
模型分LOS和NLOS场景, 此处为NLOS场景下公式。

UMi模型

$$PL_{3D-UMi-NLOS} = 36.7 \log_{10}(d_{3D}) + 22.7 + 26 \log_{10}(f_c) - 0.3(h_{UT} - 1.5)$$

UMa模型

$$\begin{aligned} PL_{3D-UMa-NLOS} = & 161.04 - 7.1 \log_{10}(W) + 7.5 \log_{10}(h) \\ & - (24.37 - 3.7(h/h_{BS})^2) \log_{10}(h_{BS}) \\ & + (43.42 - 3.1 \log_{10}(h_{BS})) (\log_{10}(d_{3D}) - 3) + 20 \log_{10}(f_c) \\ & - (3.2 (\log_{10}(17.625))^2 - 4.97) - 0.6(h_{UT} - 1.5) \end{aligned}$$

RMa模型

$$\begin{aligned} PL_{3D-UMa-NLOS} = & 161.04 - 7.1 \log_{10}(W) + 7.5 \log_{10}(h) \\ & - (24.37 - 3.7(h/h_{BS})^2) \log_{10}(h_{BS}) \\ & + (43.42 - 3.1 \log_{10}(h_{BS})) (\log_{10}(d_{3D}) - 3) + 20 \log_{10}(f_c) \\ & - (3.2 (\log_{10}(11.75 h_{UT}))^2 - 4.97) \end{aligned}$$

* $h_{UT} = 1.5$ 时, *UMa*和*RMa*公式一致

主要参数含义:

h 平均建筑物高度

W 街道宽度

h_{UT} 终端高度

h_{BS} 基站高度

典型配置:

$h_{BS} = 25$ m -- UMa

$h_{BS} = 35$ m -- RMa

$W = 20$ m

$h = 20$ m -- UMa

$h = 5$ m -- RMa

应用范围:

5 m < h < 50 m

5 m < W < 50 m

10 m < h_{BS} < 150 m

1.5 m $\leq h_{UT} \leq 22.5$ m----

UMa

1.5 m $\leq h_{UT} \leq 10$ m -- RMa

*距离单位为m, 频率单位为GHz

Cost231模型

$$PL_U = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(h_B) -$$

$$a(h_r) + (44.9 - 6.55 \log(h_B)) \log(d) + c_m$$

For small-to-medium-sized cities $a(h_r)$ is given by:

$$a(h_r) = (1.1 \cdot \log(f) - 0.7) \cdot h_r - (1.56 \cdot f - 0.8)$$

For a large city, it is given by

$$a(h_r) = 3.20 \cdot (\log(11.75 h_r))^2 - 4.97$$

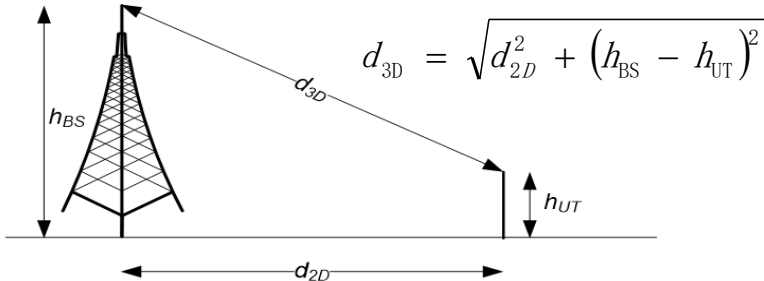
对比模型公式, 可以发现UMa模型相比cost231的公式:

➤ 定义了街道宽度数值

➤ 建筑物平均高度

可变参数的增多使得模型的应用场景更加丰富。

注意: 本文后续的距离d, 为下图中的
 d_{3D} , 如果需要得到基站和终端垂直距离
 d_{2D} , 可以通过如下公式转换:



网络规划-速率计算1

5G上行理论峰值速率的粗略计算



上行基本配置，2流，64QAM（一个符号6bit）

◆ Type 1: 2.5ms双周期

由2.5ms双周期帧结构可知，在特殊子帧时隙配比为10:2:2的情况下，5ms内有 $(3 + 2 \times 2 / 14)$ 个上行slot，则每毫秒的上行slot数目约为0.657个/ms。

上行理论峰值速率的粗略计算：

$273\text{RB} \times 12\text{子载波} \times 11\text{符号（扣除开销）} \times 0.657/\text{ms} \times 6\text{bit(64QAM)} \times 2\text{流} = 284\text{Mbps}$



◆ Type 2: 5ms单周期

由5ms单周期帧结构可知，在特殊子帧时隙配比为6:4:4的情况下，5ms内有 $(2 + 4 / 14)$ 个上行slot，则每毫秒的上行slot数目约为0.457/ms。

上行理论峰值速率的粗略计算：

$273\text{RB} \times 12\text{子载波} \times 11\text{符号（扣除开销）} \times 0.457/\text{ms} \times 6\text{bit(64QAM)} \times 2\text{流} = 198\text{Mbps}$

网络规划-速率计算2

5G下行理论峰值速率的粗略计算

下行基本配置，4流，256QAM（一个符号8bit）



◆ Type 1: 2.5ms双周期

由2.5ms双周期帧结构可知，在特殊子帧时隙配比为10:2:2的情况下，5ms内有
(5+2*10/14) 个下行slot，则每毫秒的下行slot数目约为1.28个/ms。

下行理论峰值速率的粗略计算：

$273\text{RB} \times 12\text{子载波} \times 11\text{符号 (扣除开销)} \times 1.28/\text{ms} \times 8\text{bit(256QAM)} \times 4\text{流} = 1.48\text{Gbps}$



◆ Type 2: 5ms单周期

由5ms单周期帧结构可知，在特殊子帧时隙配比为6:4:4的情况下，5ms内有 (7+6/14)
个下行slot，则每毫秒的下行slot数目约为1.48个/ms。

下行理论峰值速率的粗略计算：

$273\text{RB} \times 12\text{子载波} \times 11\text{符号 (扣除开销)} \times 1.48/\text{ms} \times 8\text{bit(256QAM)} \times 4\text{流} = 1.7\text{Gbps}$

网络规划-站点选址

$$\text{data rate (in Mbps)} = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J \left(v_{\text{Layers}}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot R_{\text{max}} \cdot \frac{N_{\text{PRB}}^{\text{BW}(j), \mu} \cdot 12}{T_s^{\mu}} \cdot (1 - OH^{(j)}) \right)$$

TS38.306

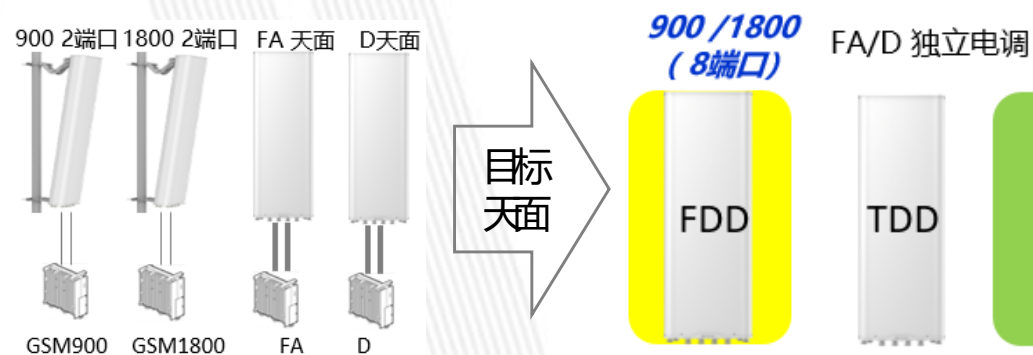
- J 为特定频段内聚合载波的数目。
- $R_{\text{max}} = 948/1024$
- $v_{\text{Layers}}^{(j)}$ 为最大层数，下行采用高层参数 *maxNumberMIMO-LayersPDSCH* 来配置。
- $Q_m^{(j)}$ 为最大调制阶数，下行采用高层参数 *supportedModulationOrderDL* 来配置。
- $f^{(j)}$ 为扩展系数，取值分别为 1.0、0.8、0.75 和 0.4，推断为上下行配比，对应于不同帧结构中下行符号占比的取值。
- μ 为对应于子载波间隔的参数集。
- T_s^{μ} 为子帧中平均 OFDM 符号长度。由于每个子帧为 1ms，其中包含 2^{μ} 个时隙，每个时隙中包含 14 个符号(正常 CP 时)，故子帧中符号平均长度计算公式为

$$T_s^{\mu} = \frac{10^{-3}}{14 \cdot 2^{\mu}}。$$

网络规划-站点选址

通过勘察确认，初始规划RF规划结果是否合理，并且最终确定可实施的RF参数。

- **经纬度**：天面各扇区天线位置较远时，需要精确到小区级别；
- **AAU挂高**：基于现网4G工参数据和建筑楼层估算；需考虑新建5G设备能否与现网设备安装在相同高度；
- **方位角**：基于现网4G方位角和测试区域，避免扇区正对面有明显遮挡（如4G有新建建筑物遮挡，需要调整5G覆盖范围）；
- **下倾角**：基于塔高及规覆盖大小选择合理下倾，严格控制越区覆盖；
- **周边环境**：以照片形式记录站点周边各方向环境(45度一张照片)，对特殊区域，如可用的测试位置、特殊的建筑或阻挡物等；
- **天面特殊情况**：参考现网天线，记录可能影响施工安装或优化调整的情况，如美化安装、挂墙安装、天面空间紧张、设备涂色等



网络配置-设备性能



BP4G/BP5G/GC		SLOT8	BP4G/BP5G/GC		SLOT4	风扇 SLOT14
BP4G/BP5G/GC		SLOT7	BP4G/BP5G/GC		SLOT3	
BP4G/BP5G/GC		SLOT6	SW4G/SW5G/GC		SLOT2	
PD	SLOT5	PD/EM	SLOT13	SW4G/SW5G/GC		

网络配置-设备性能



前置存储配置：

8块2.5" SAS/SATA/SSD硬盘，支持热插拔

12块3.5" /2.5" SAS/SATA/SSD硬盘或NVMe SSD，支持热插拔

24块2.5" SAS/SATA/SSD硬盘，可支持12块NVMe SSD，支持热插拔

后置存储配置：

2块2.5" SAS/SATA/SSD硬盘，支持热插拔

4块3.5" /2.5" SAS/SATA/SSD硬盘，支持热插拔（可选）

内置存储配置：

2块2.5" 硬盘（可选）

内置双SD卡（可选）

内置2个M.2 SSD卡（可选）



支持24个DDR4内存插槽，内存速率最高可达2933MT/s

支持最多12个DCPMM内存，速率最高可达2666MT/s

2个10GE光口+2个 GE 电口，支持NCSI功能

最大支持10个PCIe3.0扩展插槽

7个USB 接口（4个后部USB3.0， 2个前部USB2.0， 1个内置USB3.0）

1个 串口

2个VGA接口（前端1个，后端1个）

1个独立管理网口

工作温度：+5°C ~ +45°C

储存温度：-40°C ~ +70°C

相对湿度：工作环境8% ~ 90%，非工作环境5% ~ 95%

网络配置-通用硬件介绍

HW E9000



项目	指标参数
外形尺寸（高×宽×深）	533mm×442mm×840mm
颜色	黑色
重量	空重：70kg 满配：220kg
额定输入电压	220V AC 48V DC
额定输入电流	16A
额定功耗	9000W~15000W

ZTE V9600

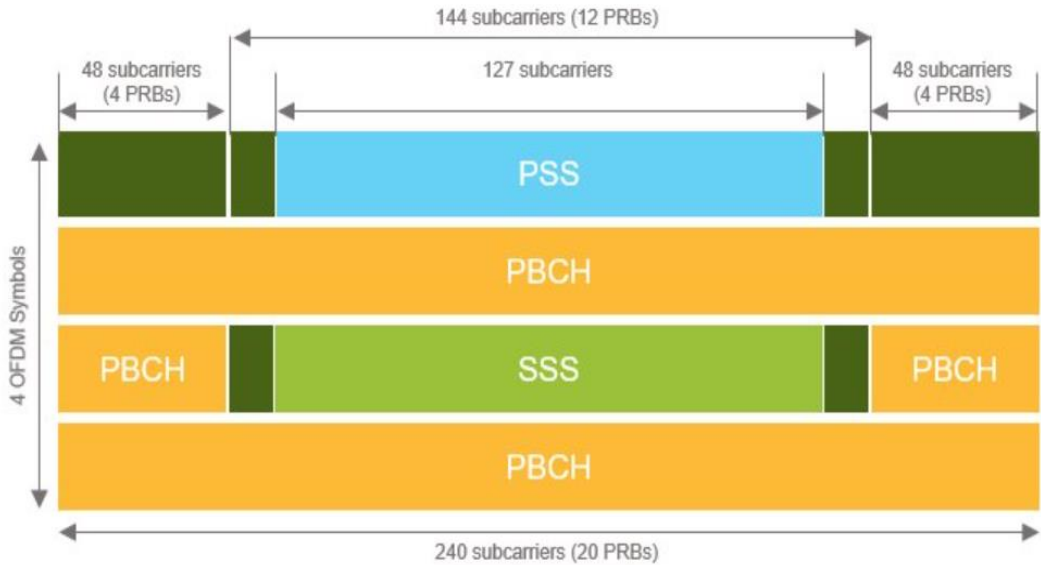


19" 标准宽，6U高，475mm深

网络配置-参数规划

- PCI (**P**hysical **C**ell **I**D) 标识小区的物理层小区标识号，一个NR系统共有**1008**个PCI，取值范围(0-1007)
- 将PCI分成336组，每组包含3个小区ID。组标识为 $N_{ID}^{(1)}$ ，取值范围0~335，组内标识为 $N_{ID}^{(2)}$ ，取值范围为0~2
- 主同步信号PSS承载 $N_{ID}^{(2)}$ (0~2)，辅同步信号SSS承载 $N_{ID}^{(1)}$ (0~335)
- PCI的计算公式：

$$N_{ID}^{Cell} = 3N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)}$$



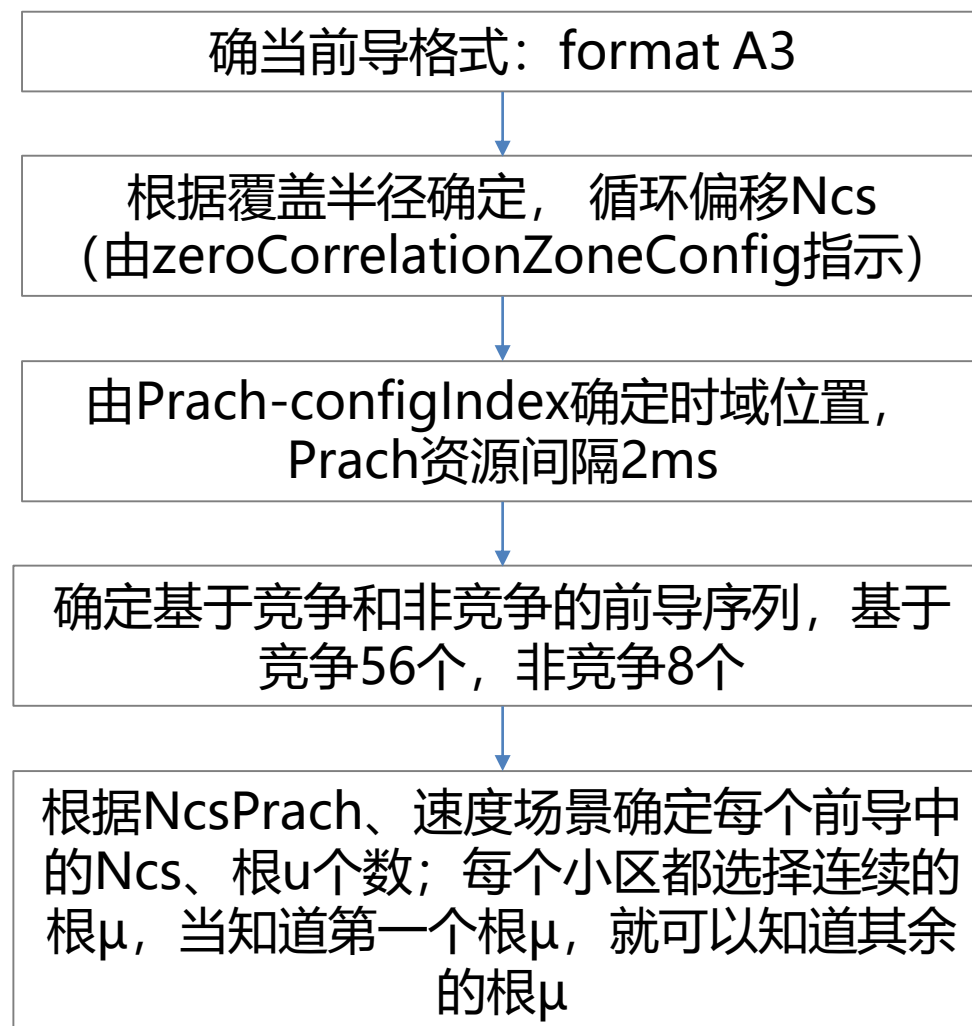
PCI 分组			
组号	MOD0	MOD1	MOD2
0	0	1	2
1	3	4	5
2	6	7	8
3	9	10	11
4	12	13	14
5	15	16	17
6	18	19	20
7	21	22	23
8	24	25	26
9	27	28	29
10	30	31	32
11	33	34	35
12	36	37	38
13	39	40	41
14	42	43	44
15	45	46	47
16	48	49	50
17	51	52	53
18	54	55	56
19	57	58	59
20	60	61	62
21	63	64	65
22	66	67	68
23	69	70	71
24	72	73	74
25	75	76	77
26	78	79	80
27	81	82	83
28	84	85	86
29	87	88	89
30	90	91	92
31	93	94	95
32	96	97	98
33	99	100	101
34	102	103	104
35	105	106	107
36	108	109	110
37	111	112	113
38	114	115	116
39	117	118	119
40	120	121	122
41	123	124	125
42	126	127	128
43	129	130	131
44	132	133	134
45	135	136	137
46	138	139	140
47	141	142	143
48	144	145	146
49	147	148	149
50	150	151	152
51	153	154	155
52	156	157	158
53	159	160	161
54	162	163	164
55	165	166	167
56	168	169	170
57	171	172	173
58	174	175	176
59	177	178	179
60	180	181	182
61	183	184	185
62	186	187	188
63	189	190	191
64	192	193	194
65	195	196	197
66	198	199	200
67	201	202	203
68	204	205	206
69	207	208	209
70	210	211	212
71	213	214	215
72	216	217	218
73	219	220	221
74	222	223	224
75	225	226	227
76	228	229	230
77	231	232	233
78	234	235	236
79	237	238	239
80	240	241	242
81	243	244	245
82	246	247	248
83	249	250	251
84	252	253	254
85	255	256	257
86	258	259	260
87	261	262	263
88	264	265	266
89	267	268	269
90	270	271	272
91	273	274	275
92	276	277	278
93	279	280	281
94	282	283	284
95	285	286	287
96	288	289	290
97	291	292	293
98	294	295	296
99	297	298	299
100	300	301	302
101	303	304	305
102	306	307	308
103	309	310	311
104	312	313	314
105	315	316	317
106	318	319	320
107	321	322	323
108	324	325	326
109	327	328	329
110	330	331	332
111	333	334	335

网络配置-参数规划

NR系统中随机接入的作用是UE获取上行同步以及C-RNTI, 包括竞争随机接入和非竞争随机接入两种情况

- PRACH前导序列是由长度为839/139的ZC (Zadoff-Chu) 序列组成, 每个前导序列对应一个根序列 μ 。协议38.211中规定在一个小区中总共有64个前导序列。
- 一个根序列 μ 通过多次的循环移位产生多个前导序列。如果一个根序列不能产生64个前导序列, 那么利用接下来的连续的根序列继续产生前导序列, 直到所有64个前导序列全部产生。
- 根据随机接入循环偏移Ncs, 可以得到生成64个前导序列所需的根序列 μ 个数。

如根据覆盖场景, $N_{cs}=46$, 短格式ZC长度139, 则生成64个前导需要根序列22个, 即每个小区需要22个逻辑根序列。

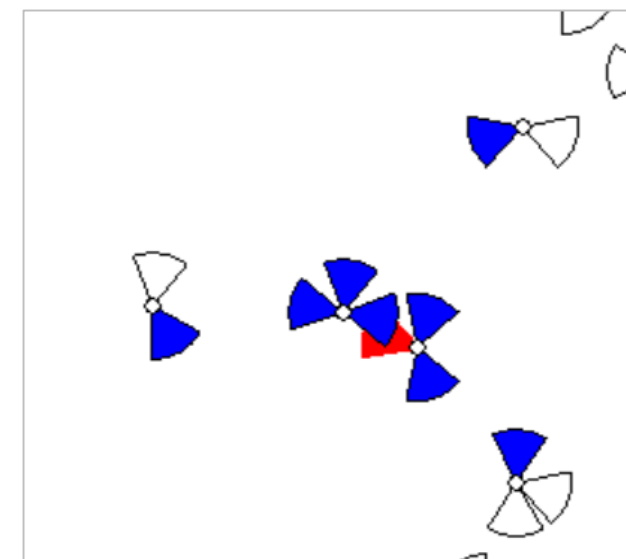
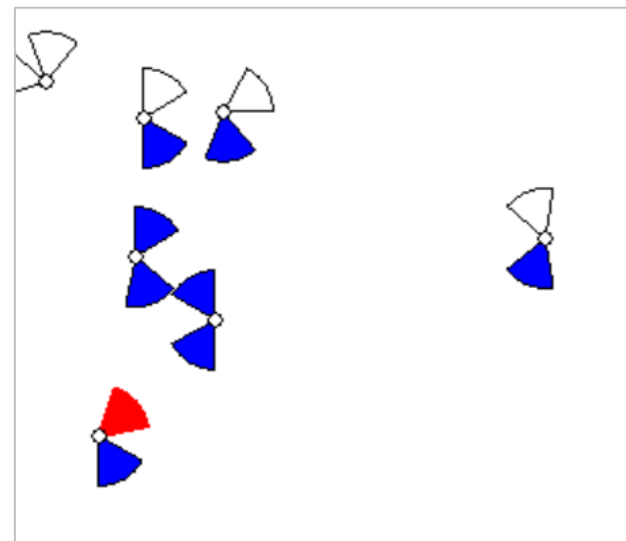


网络配置-邻区配置

邻区规划的目的在于保证在小区服务边界的手机能及时切换到信号最佳的邻小区，以保证通话质量和整网的性能。

规划原则

- 1) 地理位置上直接相邻的小区一般要作为邻区；
- 2) 邻区一般都要求互为邻区。在一些特殊场合，可能要求配置单向邻区；
- 3) 邻区个数要适当。邻区不是越多越好，也不是越少越好。应该遵循适当原则。太多，可能会加重手机终端测量负担。太少，可能会因为缺少邻区导致不必要的掉话和切换失败。初始配置推荐在8个以内。
- 4) 邻区应该根据路测情况和实际无线环境而定。尤其对于市郊和郊县的基站，即使站间距很大，也尽量把要把位置上相邻的作为邻区，保证能够及时做可能的切换



03

5G全网优化分析

覆盖优化

网络规划问题

- 站址规划不合理
- 站高规划不合理
- 方位角规划不合理
- 下倾角规划不合理
- 主方向有障碍物
- 无线环境发生变化
- 新增覆盖需求

工程质量问题

- 线缆接口施工质量不合格
- 天线物理参数未按规划方案施工
- 站点位置未按规划方案实施
- GPS安装位置不符合规范
- 天馈接反等

设备异常

- 电源不稳定
- GPS故障
- 光模块故障
- 主设备运用异常
- 版本Bug
- 容器吊死
- AAU功率异常

工程参数配置问题

- 天馈物理参数
- 频率配置
- 功率参数
- PCI配置
- 邻区配置

覆盖优化

1、工程参数调整

调整内容：下倾角、方位角、pssSssPwr配置、天线挂高、天线位置、站址调整；

调整原则：优先天馈物理参数调整，其次进行功率配置调整；

2、参数配置优化

基础参数配置优化：频点、PCI/PRACH、邻区、切换门限等基础参数；

权值参数配置优化：Massive MIMO智能天线权值配置优化（倾角、波束宽度等）；

3、信道覆盖增强技术应用

SSB/PBCH：默认宽波束，波束轮询有5dB的增益；

PDCCH：PDCCH Boosting；PDSCH/PDCCH：BC/BF；

SmallCDD：开启后终端上行由单发调整为4发，上行有5-6dB的覆盖增益；

4、场景化产品覆盖方案

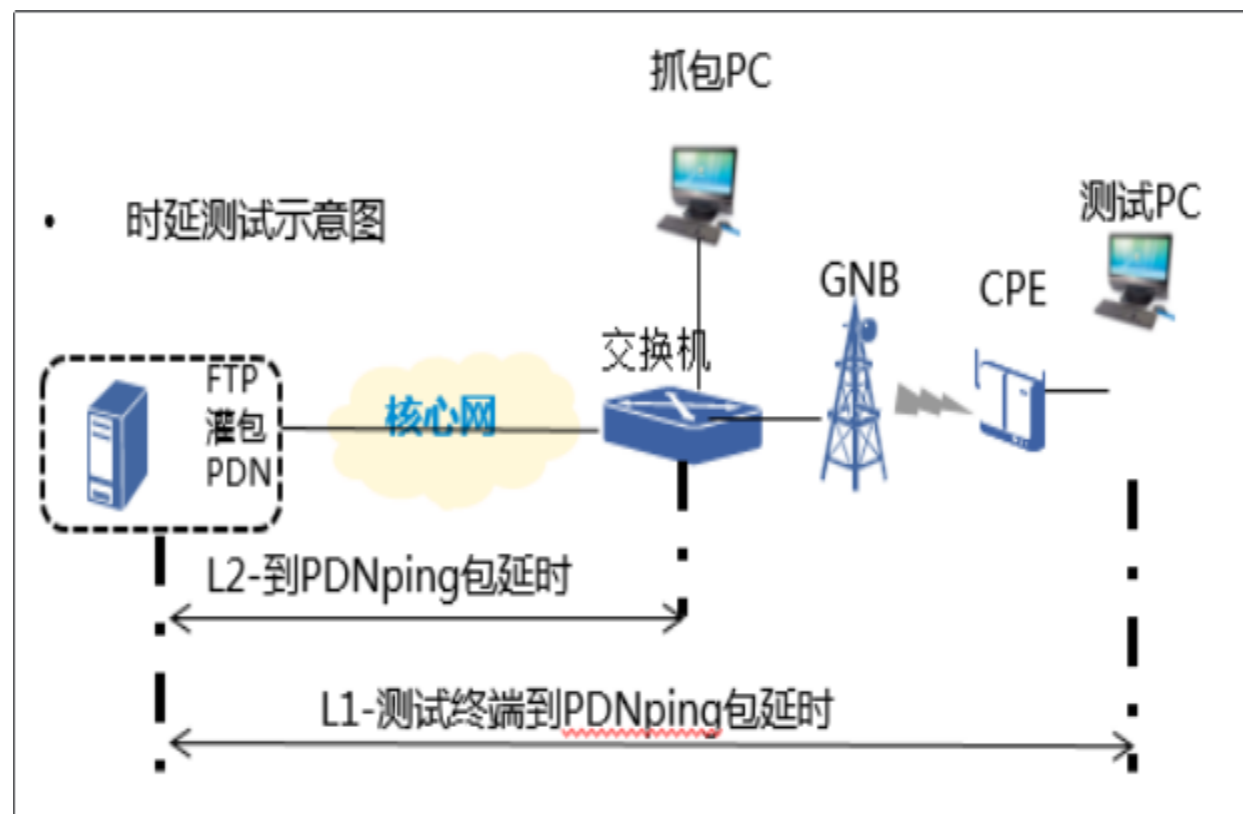
室外场景：新增AAU小区或规划站址，根据环境特点合理进行宏站或微站产品选型；

室内场景：根据室内场景特点考虑利旧或新增Qcell室内覆盖，或宏站室外覆盖室内；

时延优化-用户面时延

单向用户面时延公式 $L = (1/2) * (L1 - L2)$

- **L1**: 测试电脑发往5G UE ping报文, 5G UE将报文通过5G NR空口发给5G gNB, 在经过核心网转发给服务器, 服务器收到echo ping request, 给测试电脑回复echo ping reply, 测试电脑收到echo ping reply, ping平均时延, 记为L1
- **L2**: 5G gNB连接的交换机端口镜像发送给抓包电脑, 通过wireshark软件抓取GTPU 报文, 并解释出ICMP报文, 通过wireshark统计 5G gNB到服务器平均时延, 记为L2



注: 默认测试电脑到5G UE的处理和传输时延可以忽略

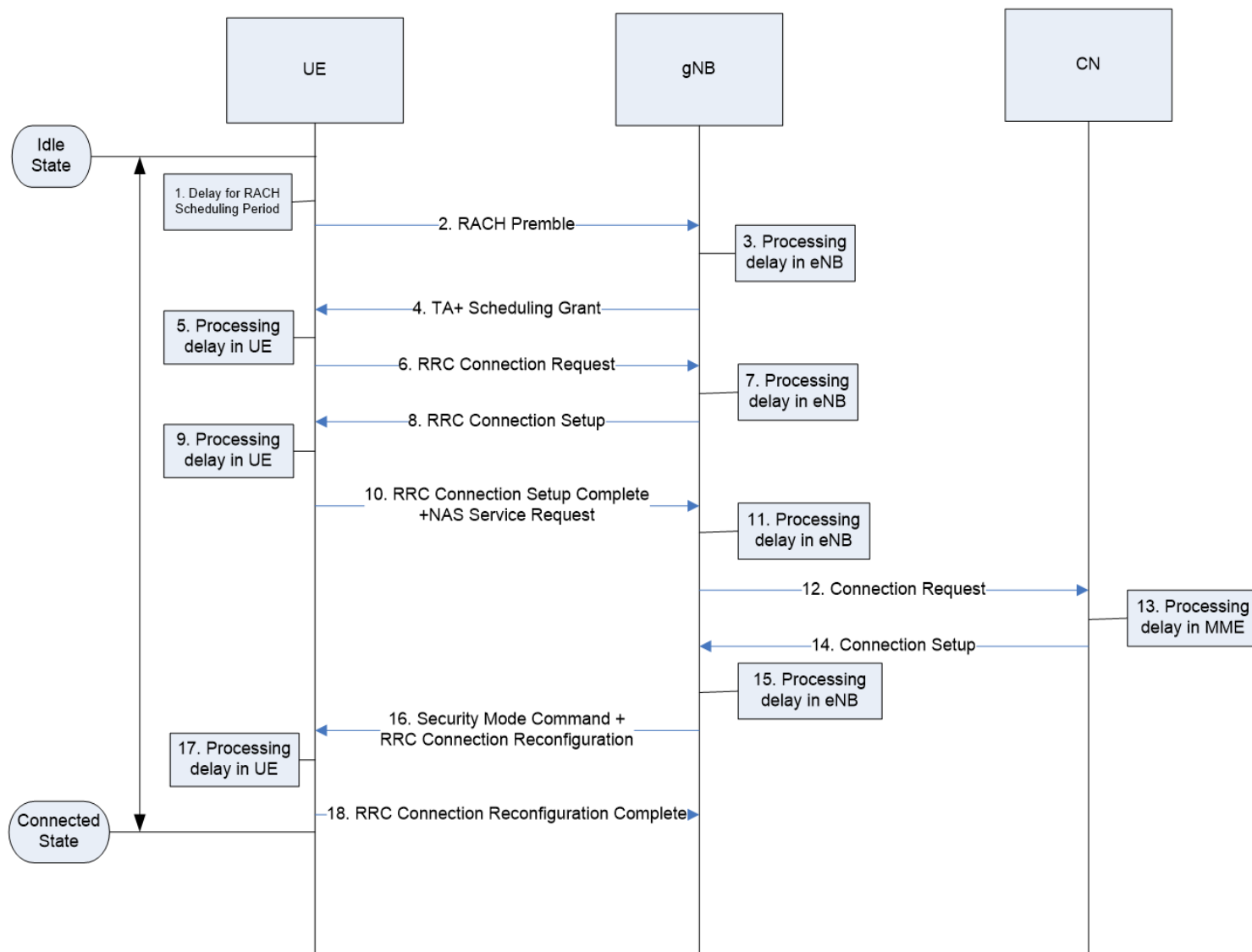
时延优化-控制面时延

① Idle态向Connected态转换时延

终端发出第一条随机接入preamble至终端发出RRC connection Reconfiguration complete完成。

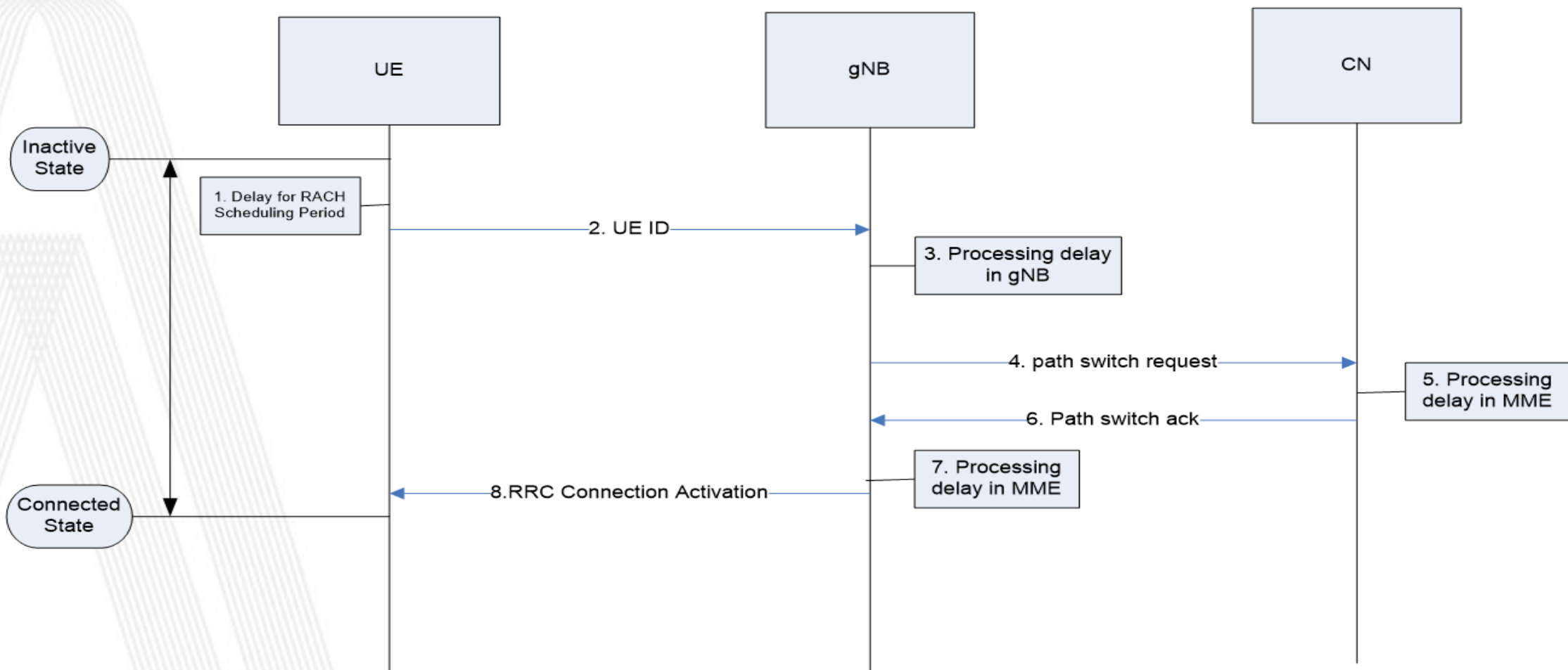
如右图所示，与LTE类似，UE接入信令流程分解为三个阶段：

- RRC建立过程、
- 与核心网相关的交互消息
- RRC重配建立E-RAB的过程。



时延优化-控制面时延

② Inactive态向Connected态状态转换时延





04

5G关键知识点解析

切换分析

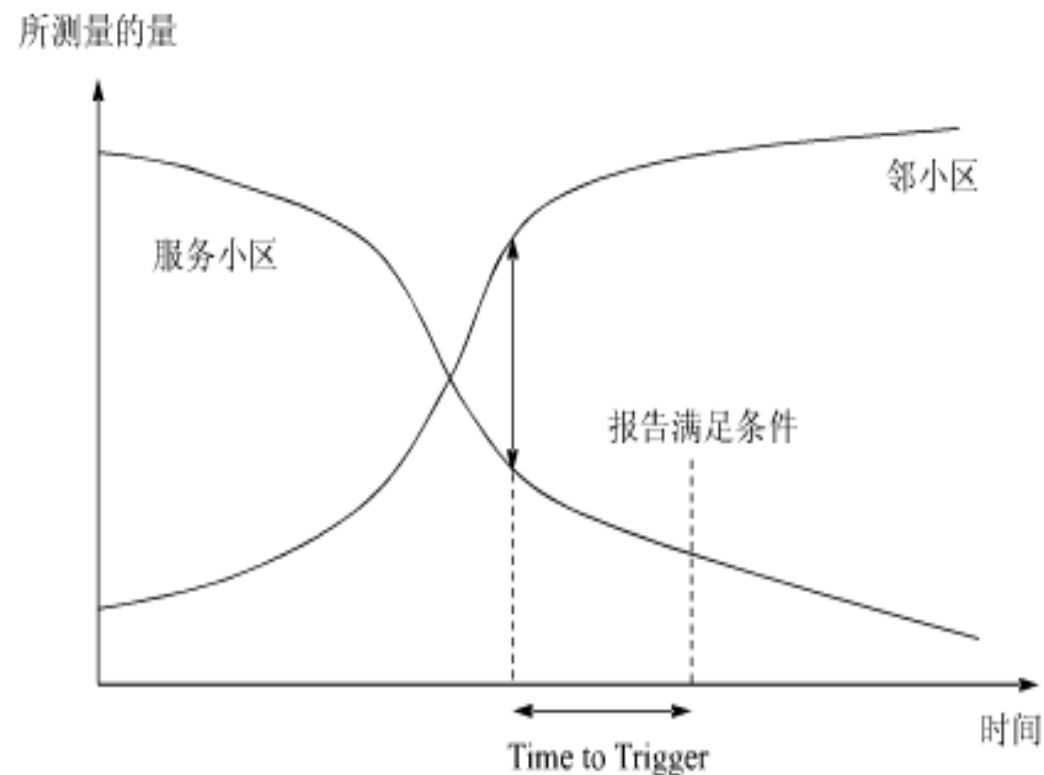
■ 当终端满足（以A3事件为例）

$$M_n + O_{fn} + O_{cn} - H_{ys} >$$

$M_s + O_{fs} + O_{cs} + O_{ff}$ 且维持 Time to Trigger 个时段后上报测量报告;

$$M_n + O_{fn} + O_{cn} + H_{ys} <$$

$M_s + O_{fs} + O_{cs} + O_{ff}$ 离开事件



M_n : 邻小区测量值 O_{fn} : 邻小区频率偏移 O_{cn} : 邻小区偏置 H_{ys} : 迟滞值

M_s : 服务小区测量值 O_{fs} : 服务小区频率偏移 O_{cs} : 服务小区偏置 O_{ff} : 偏置值

切换分析

事件类型	事件含义
A1	服务小区高于绝对门限
A2	服务小区低于绝对门限
A3	邻区-服务小区高于相对门限
A4	邻区高于绝对门限
A5	邻区高于绝对门限且服务小区低于绝对门限
A6	载波聚合中,辅载波与本区的RSRP/RSRQ/SINR差值比该值实际dB值大时，触发RSRP/RSRQ/SINR上报。
B1	异系统邻区高于绝对门限
B2	本系统服务小区低于绝对门限且异系统邻区高于绝对门限

目的	事件
基于覆盖的同频测量	A3,A5
释放SN小区	A2
更改SN小区	A3
CA增加Scell测量	A4
CA删除Scell测量	A2
基于覆盖的异频测量	A3,A5
打开用于切换的异频测量	A2
关闭用于切换的异频测量	A1

小区重选

$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - (Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminoffset}) - P_{compensation}$$

S _{rxlev}	小区选择接收电平值(dB)
Q _{rxlevmeas}	测量小区接收电平值(RSRP).
Q _{rxlevmin}	小区要求的最小接收电平值(dBm)
Q _{rxlevminoffset}	相对于Q的偏移量，防止“乒乓”选择 rxlevmin
P _{compensation}	max(P _{emax} –P _{umax} ,0)(dB)
P _{emax}	UE上行发射时，可以采用的最大发射功率(dBm)， 23
P _{umax}	UE能发射的最大输出功率(dBm)[TS36.101]

因为UE的最大发射功率不一定都满足基站覆盖边缘要求的UE在上行的最大发射功率。所以在S准则中加入功率补偿，如果UE最大发射功率小于设定的标准（3GPP协议规定的UE最大发射功率是23dbm），则返回一个功率补偿值，提高该UE通过S准则的门槛。这样可以保证接入网络的UE最大发射功率满足上下行平衡的要求，避免允许一些最大发射功率不足的UE在小区边缘接入网络而出现上行功率受限的情况。

小区重选

重选测量启动准则

- UE成功驻留后，将持续进行本小区测量。RRC层根据RSRP测量结果计算Srxlev，并将其与Sintrasearch和Snonintrasearch比较，作为是否启动邻区测量的判决条件
- 对于重选优先级高于服务小区的载频，UE始终对其测量
- 对于重选优先级等于或者低于服务小区的载频
 - 同频：当服务小区Srxlev > Sintrasearch时，UE自行决定是否进行同频测量
当服务小区Srxlev <= Sintrasearch或系统消息中Sintrasearch为空时，UE必须进行同频测量
 - 异频：当服务小区Srxlev > Snonintrasearch时，UE自行决定是否进行异频测量
当服务小区Srxlev <= Snonintrasearch或系统消息中Snonintrasearch为空时，UE必须进行异频测量

参数名	单位	意义
Srxlev	dB	Cell selection RX level value 小区接收电平
Snonintrasearch	dB	小区重选的异频测量启动门限，该值越大，异频测量启动越快
Sintrasearch	dB	小区重选的同频测量触发门限，该值越大，同频测量启动越快

小区重选

同频小区及同优先级异频小区重选判决

R准则

服务小区Cell Rank(R值) $R_s = Q_{\text{meas},s} + Q_{\text{hyst}}$

候选小区Cell Rank(R值) $R_t = Q_{\text{meas},t} - Q_{\text{offset}}$

- 根据R值计算结果，对于重选优先级等于当前服务载频的邻小区，若：
 - 邻小区 R_n 大于服务小区 R_s ，并持续 $T_{\text{reselection}}$ ，同时
 - UE已在当前服务小区驻留超过1s以上，则触发向邻小区的重选流程

参数名	单位	意义
$Q_{\text{meas},s}$	dBm	UE测量到的服务小区RSRP实际值
$Q_{\text{meas},t}$	dBm	UE测量到的邻小区RSRP实际值
Q_{hyst}	dB	服务小区的重选迟滞，常用值：2 可使服务小区的信号强度被高估，延迟小区重选
Q_{offsets}	dB	被测邻小区的偏移值：包括不同小区间的偏移 $Q_{\text{offsets}}'t$ 和不同频率之间的偏移 $Q_{\text{offsetfrequency}}$ ，常用值：0 可使相邻小区的信号或质量被低估，延迟小区重选；还可根据不同小区、载频设置不同偏置，影响排队结果，以控制重选的方向
$T_{\text{reselection}}$	S	该参数指示了同优先级小区重选的定时器时长，用于避免乒乓效应

优先级不同的异频小区重选判决

– 高优先级小区重选判决准则

当同时满足以下条件，**UE**重选至高优先级的异频小区

- **UE**在当前小区驻留超过1s
- 高优先级邻区的 $S_{\text{non-serving cell}} > \text{Thresh}_{x,\text{high}}$
- 在一段时间($T_{\text{reselection-EUTRA}}$)内， $S_{\text{non-serving cell}}$ 一直好于该阈值 ($\text{Thresh}_{x,\text{high}}$)

– 低优先级小区重选判决准则

当同时满足以下条件，**UE**重选至低优先级的异频小区

- **UE**驻留在当前小区超过1s
- 高优先级和同优先级频率层上没有其它合适的小区
- $S_{\text{serving cell}} < \text{Thresh}_{\text{serving},\text{low}}$
- 低优先级邻区的 $S_{\text{non-serving cell},x} > \text{Thresh}_{x,\text{low}}$
- 在一段时间($T_{\text{reselection-EUTRA}}$)内， $S_{\text{non-serving cell},x}$ 一直好于该阈值($\text{Thresh}_{x,\text{low}}$)

参数名	单位	意义
Threshserving,low	dB	小区满足选择或重选条件的最小接收功率级别值
Threshx,high	dB	小区重选至高优先级的重选判决门限，越小重选至高优先级小区越容易 一般设置为高于Threshserving,low，
Threshx,low	dB	重选至低优先级小区的重选判决门限，越大重选至低优先级小区越困难 一般设置为高于Threshserving,high
Treselection-EUTRA	S	该参数指示了优先级不同的LTE小区重选的定时器时长，用于避免乒乓效应



谢谢观看

THANKS