

中国联通极致体验视频网建设标准白皮书

中国联通网络技术研究院

□ 视频业务发展需求

视频业务是未来网络流量的重要增长点，据预测2015到2021年，移动视频流量将增长14倍，占总流量的70%。目前全球50%的主流运营商已将视频列为基础业务，开始布局面向视频运营的网络和基础设施等。

中国联通已将视频业务作为战略性基础业务，在网络设施方面进行了高标准建设，保障了视频业务的竞争力。但是随着用户和业务量的迅速增长，网络的承载能力也在经受不断的挑战，如何继续保障业务质量、提升视频用户感受，成为移动视频网发展的关键。

□ 中国联通移动视频网络建设

本白皮书从无线网建设的角度，分析了网络容量与用户数、业务量及业务体验间的关系模型，给出了不同视频业务体验要求下的网络建设和容量标准。

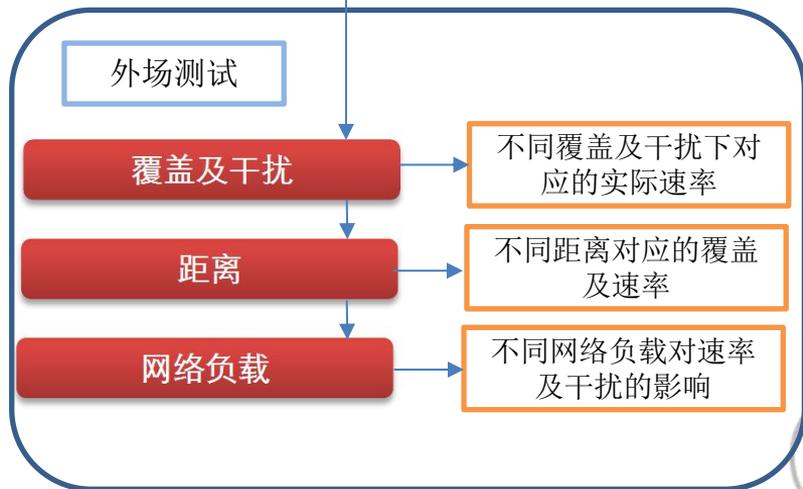
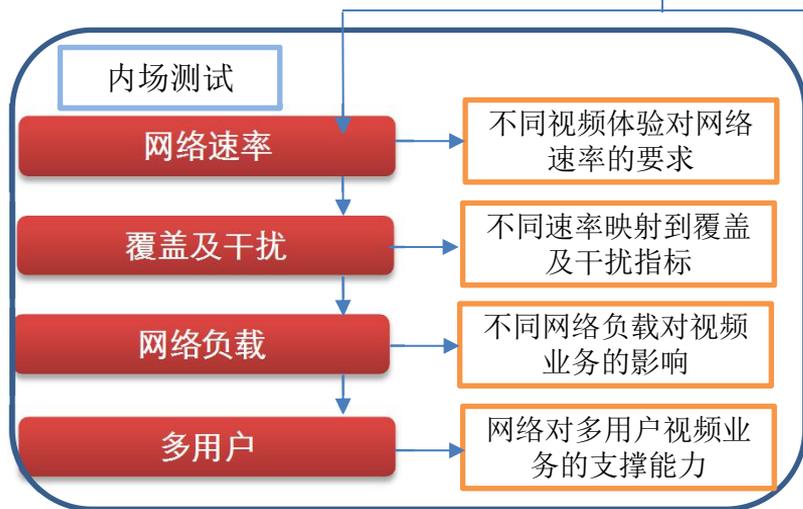
进一步提出了相应的扩容方法，相关结论是中国联通制定视频业务相关决策、市场方案的重要参考。本方案将用户满意度与网络建设指标相关联，相关结论可以应用于实际网络建设和扩容中，指导联通LTE网络建设和演进。

- 移动视频网建设标准

- 移动视频网扩容标准

理论分析+内场视频体验对网络需求验证+外场网络支撑能力验证

- 理论分析：分析视频业务特性，建立业务与网络关联模型，分析网络关键KPI指标
- 内场：测试不同的视频体验标准（卡顿、缓冲时延）映射到网络能力中对应的网络指标（速率、覆盖强度、干扰）的要求
- 外场：验证现网的网络指标（速率、覆盖强度、干扰），不同网络结构的指标差异以及对应的视频业务支撑能力



➤ 视频业务对网络指标的要求：

- 视频源质量、视频加载速度、视频卡顿次数、卡顿等待时间是影响移动视频业务用户感知的要素，其中视频加载速度、视频卡顿次数、卡顿等待时间均与视频播放码速率和网络下行速率直接相关。
- 根据用户习惯、现网业务情况及网络能力分析，建议480P-1080P业务的关键指标设置为缓冲时延2-4s、卡顿次数为0。在网络端到端时延70ms的条件下，以下网络速率标准可作为参考基准，同时根据不同OTT的视频业务差异、业务发展变化及网络负荷进行调整。

RTT=70ms时不同业务体验下的边缘速率要求

缓冲时长	480P及以下	720P	1080P
无卡顿速率要求(Mbps)	0.8	1.8	3.6
4秒缓冲速率要求(Mbps)	1	2.4	5
3秒缓冲速率要求(Mbps)	1.4	3.7	7.8
2秒缓冲速率要求(Mbps)	2.7	8	19

➤ 移动视频网指标要求：

- 取定网络边缘速率后，可根据网络RSRP、SINR和资源利用率等指标与速率的关系进一步得到网络建议指标映射（网络下行速率与SINR正相关，同时也与RSRP存在较明显的映射关系），例如在RTT 70ms，OTT采用典型码率的情况下，综合内、外场测试结果，视频网建议指标如下：

缓冲时长	RSRP (dBm) 及SINR (dB) 要求					
	480P及以下		720P		1080P	
	RSRP	SINR	RSRP	SINR	RSRP	SINR
播放无卡顿	-105	-5	-105	-5	-105	-5
4秒缓冲时长					-102	-4
3秒缓冲时长			-99	0		
2秒缓冲时长			-99	0	-85	7

□ 视频业务到达情况和容量影响用户感知：

现网中由于无线资源和容量的限制，在用户数和业务量增加到一定程度后用户的感知速率相对于标准速率有一定的损耗，产生了类似于Erlang理论中的话务阻塞，即业务速率阻塞率或速率下降损耗。对于不同类型的业务，速率阻塞率可以描述如下：

□ 软阻塞类（点播视频）：

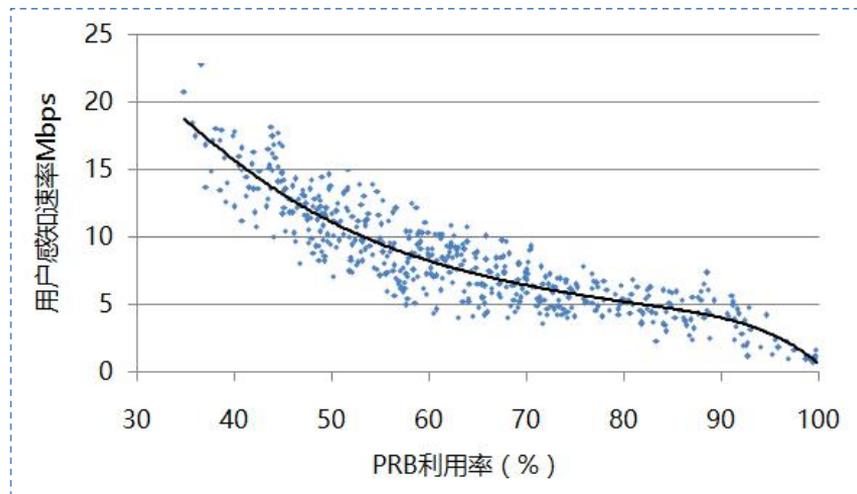
软阻塞类业务是指采用TCP协议传输的业务，这类业务的阻塞模型为，当新接入用户后，如果小区容量（等效信道数）不足，并发用户体验速率等比例下降，导致并发的用户体验都部分满足。

□ 硬阻塞类（直播视频、互动游戏）：

硬阻塞类业务是采用UDP等协议传输的实时业务，需要以稳定的速率进行传输，硬阻塞模型为当新接入用户后，如果小区容量（等效信道数）不足，并发用户体验速率等比例下降，导致并发的用户体验都得不到满足。

□ 包时延类业务（远程医疗、车联网）：

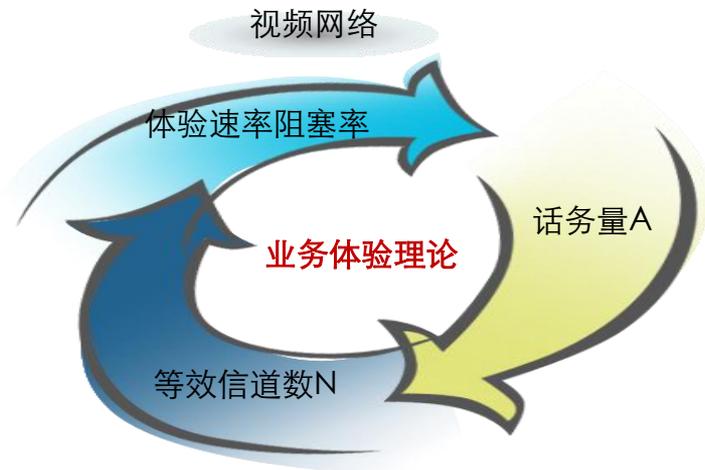
包延迟阻塞模型为当新接入用户后，如果小区容量（等效信道数）不足，轮询调度策略下，包将得不到及时调度。包延迟阻塞率度量包延迟超过目标值（如10ms）的概率。包延迟阻塞可表征远程控制场景下包时延不满足度。



用户感知随着业务量和PRB利用率的增长而下降

□ 视频业务阻塞与容量关系：

根据理论推导和现网数据分析，视频业务速率阻塞率与业务到达模型（并发用户数）、业务服务模型（网络容量）相关：业务到达模型（并发用户数）也可以用单位时间内的话务量来表示，业务服务模型（网络容量）可以用等效信道数来表示，因此视频业务速率阻塞与Erlang话务阻塞在理论上相似，可以基于Erlang理论推导出视频业务速率阻塞率和小区话务量，等效信道数之间的关系：



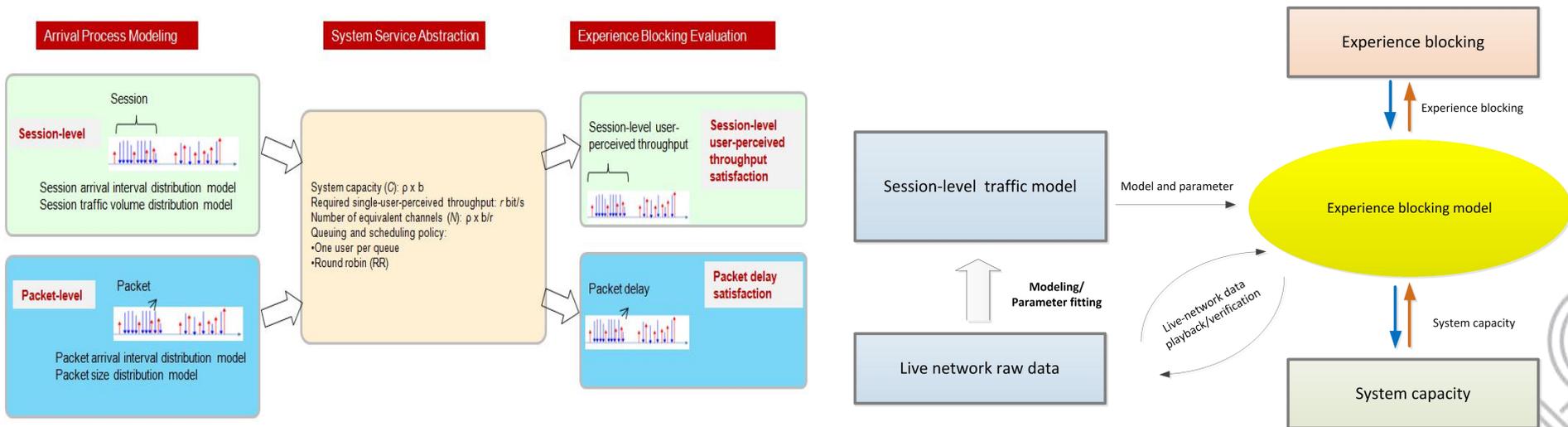
- 接入成功率，话务量A是网络容量调整的重要参考
- Erlang B把接入成功率，A，N建立了关联

- 话务量A = 单位时间总流量/体验速率需求
- 等效信道数N = 小区带宽*频谱效率/体验速率需求
- 体验速率阻塞率 = 1-实际体验速率/体验速率需求

容量规划标准化：

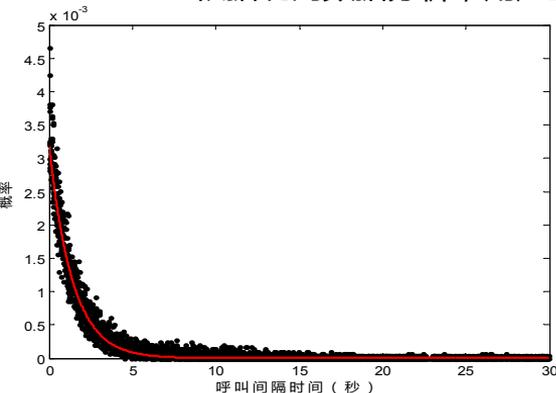
在瑞士日内瓦召开的ITU-T SG12全会上，中国联通与华为、中国移动共同牵头完成了“基于体验的网络容量规划模型G.NCP”立项，将启动对网络容量规划的标准化工作。

本标准将从场景定义、话务量定义、业务体验定义，到业务与网络容量关系模型等角度制定网络规划的标准，帮助运营商基于用户体验和网络容量理论，更加科学的进行业务网络容量规划和评估优化。



□ 视频业务阻塞-容量-业务量关系建模（理论分析）：

➢ 根据现网数据分析，用户业务到达过程服从泊松分布，视频业务体验速率阻塞率 B_s 与话务量 A ，等效信道数 N 的关系如下：



$$B_s = \frac{1}{A} \sum_{i=N+1}^{\infty} (i - N) \frac{A^i}{N^{i-N} N!} \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^N \frac{1}{i!} A^i + \sum_{i=N+1}^{\infty} \frac{1}{N^{i-N} N!} A^i}$$

其中， A 为话务量， N 为小区的等效信道数。阻塞率 B_s 与话务量 A 、信道数 N 的关系表如下。

在网络规划、用户体验评估或网络优化扩容时可以应用表中数据：

泊松到达过程下承载话务量表

N (信道数) / B_s (阻塞率%)	2	4	6	8
3	1.03	1.29	1.48	1.62
4	1.91	2.21	2.43	2.59
5	2.77	3.12	3.38	3.55
...				

□ 视频网络下载时延-频谱效率-忙时流量建模：

- 在通信系统的规划和建设中，为了更直观地将体验指标应用于业务和网络的规划，可将视频业务阻塞关系进一步映射为业务指标和网络指标。

阻塞率 B_s ：表征移动视频用户实际感知速率相比于标准速率的损耗，可以映射为视频体验速率/缓冲时延等指标

信道数 N ：表征单个小区可提供的视频业务信道数量，即小区容量/单个视频业务标准速率，可映射为小区的频谱效率

话务量 A ：表征小区单位时间内的业务量，可以映射为小区忙时流量

- 以720P高清视频业务为例，如果设定业务的理想缓冲时延为2s，对应的业务标准速率为 $r_0=8\text{Mbps}$ 。现网中由于资源限制，用户体验速率有一定阻塞，阻塞率为 B_s ，则视频业务体验速率为 $r_0(1-B_s)$ 。进一步缓冲时延 t 和 B_s 的关系：

$$t = 8RTT + \left(1 + \log_2 \left(\frac{r_0(1-B_s) \cdot RTT}{M} \right) \right) \cdot RTT + \frac{2 \cdot CR - f(M)}{r_0(1-B_s)}$$

其中 M 是视频业务初始包的大小， CR 是视频业务码率， $f(M)$ 是业务慢启动阶段数据量。

等效信道数 N 也可转换为小区频谱效率 ρ ： $\rho = N \cdot r_0/b$ ， b 是小区频谱带宽，一般为20MHz

话务量 A 可转换为小区忙时吞吐量 T ： $T = A \cdot r_0$

同时小区的PRB利用率 P 也可算出： $P = A/N$

□ 视频网络容量模型-应用：忙时流量扩容标准

基于视频业务网络模型和体验阻塞表，可以在视频业务及网络规划中，给出业务体验、小区容量和小区频谱效率三者的关系，为业务和容量规划或扩容提供参考，例如在720P高清视频网络（20MHz带宽）规划中，综合考虑播放/缓冲比例等情况下，以计算得到的综合速率需求为基础，据此LTE小区的视频体验阻塞表计算如下：

LTE小区忙时可承载吞吐量与视频体验、小区频谱效率的关系表				
频谱效率/视频体验	2s无卡顿/ 感知速率6Mbps	3s无卡顿/ 感知速率3Mbps	4s无卡顿/ 感知速率2Mbps	...
...				
0.9bit/Hz/s	5GB	6 GB	7 GB	
1.2bit/Hz/s	7 GB	9 GB	10 GB	
1.5bit/Hz/s	10 GB	12 GB	13 GB	
...				

根据体验阻塞表可以得出不同体验要求和频谱效率情况下的小区忙时业务量承载能力，即可作为小区扩容的忙时流量标准。例如在视频业务体验要求高（缓冲2且无卡顿）的情况下，覆盖较差（频谱效率0.9）的小区在忙时流量5GB时可考虑扩容，而覆盖较好如室内（频谱效率1.5）的小区在忙时流量10GB时考虑扩容

□ 视频网络容量模型应用：忙时PRB利用率扩容标准

根据忙时流量和体验速率、频谱效率的关系，也可将忙时流量门限换算为等效的忙时PRB资源利用率门限：由于LTE现网的下行速率一般情况下可达到4Mbps，基本能够支持720P业务的体验要求，因此对于720P业务可以在PRB利用率超过约60%后考虑扩容，但是如果考虑到更高清如1080P业务则需要降低扩容门限。

LTE小区忙时PRB资源利用率与视频体验、小区频谱效率的关系表

频谱效率/视频体验	2s无卡顿/ 感知速率6Mbps	3s无卡顿/ 感知速率3Mbps	4s无卡顿/ 感知速率2Mbps	...
...				
0.9bit/Hz/s	60%	80%	86%	
1.2bit/Hz/s	70%	85%	90%	
1.5bit/Hz/s	75%	87%	91%	
...				

□ 现网业务验证：

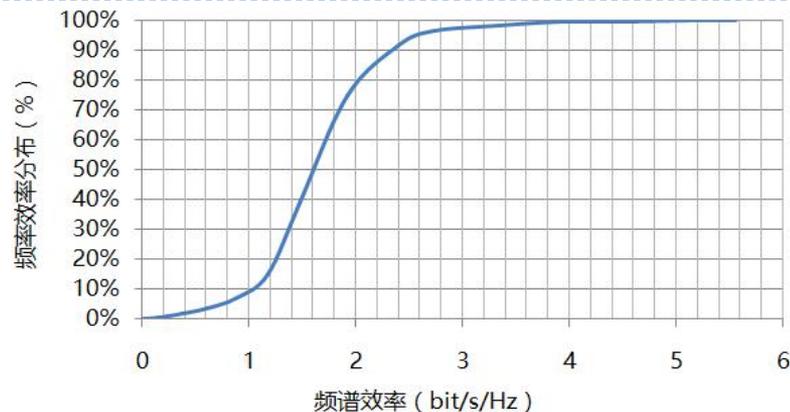
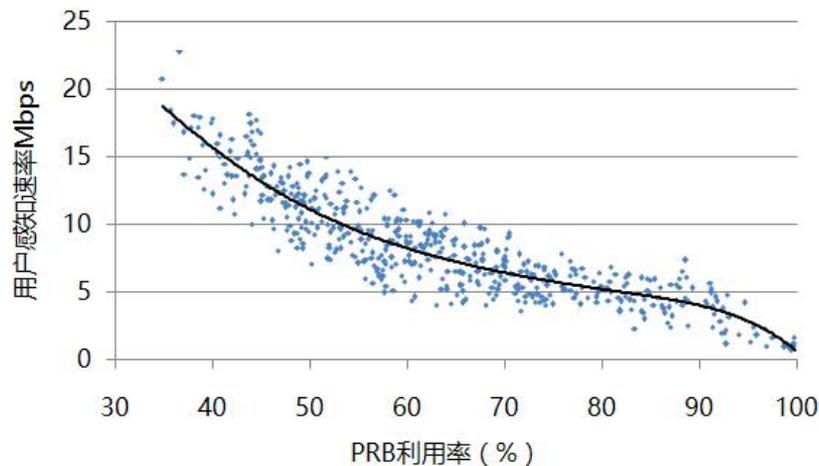
根据现网业务的大数据分析，得到LTE网络PRB利用率与用户感知速率的关系如图，现网小区频谱效率分布如右下图。

当现网用户平均感知速率为6Mbps，3Mbps，2Mbps时，对应的网络资源利用率为78%，91%和96%，对应的网络平均频谱效率约为1.6bit/Hz/s，

虽然现网中的统计信息及业务模型有一定的波动，但基本与理论模型一致

现网LTE小区忙时PRB利用率门限与720P视频体验、小区频谱效率的关系表

	频谱效率/视频体验	6Mbps	3Mbps	2Mbps
现网值	1.6bit/Hz/s	78%	91%	96%
理论值	1.6bit/Hz/s	76%	89%	93%
...				



□ 720P视频网络扩容标准：

基于视频业务网络容量模型，可以在视频业务及网络规划中，给出不同视频业务体验要求下，小区容量和小区频谱效率的相应标准，为业务和容量规划提供参考。下表是720P高清视频网络规划中，不同业务体验要求和频谱效率下的容量门限：

720P视频网络忙时业务量（PRB利用率）与视频体验、小区频谱效率的关系表

频谱效率/视频体验	2s无卡顿/ 感知速率6Mbps	3s无卡顿/ 感知速率3Mbps	4s无卡顿/ 感知速率2Mbps	...
...				
1bit/Hz/s	5GB/60%	6 GB/80%	7 GB/86%	
1.2bit/Hz/s	7GB/70%	9GB/85%	10GB/90%	
1.5bit/Hz/s	10GB/75%	12GB/87%	13GB/91%	
...				

□ 1080P视频网络扩容标准：

下表是1080P超清视频网络规划中，不同业务体验要求和频谱效率下的容量门限：

1080P视频网络忙时业务量（PRB利用率）与视频体验、小区频谱效率的关系表				
频谱效率/视频体验	2s无卡顿/ 感知速率14Mbps	3s无卡顿/ 感知速率6Mbps	4s无卡顿/ 感知速率5Mbps	...
...				
1 bit/Hz/s	--	5.5 GB/ 65%	6 GB/ 70%	
1.5bit/Hz/s	6 GB/ 45%	10 GB/ 75%	11 GB/ 80%	
2bit/Hz/s	10 GB/ 55%	14GB /80%	15GB /85%	
...				

- 1080P超清视频业务要求更高，扩容需求也更迫切，省分公司应根据本地视频业务发展趋势以及市场策略，结合具体场景考虑扩容。
- 视频网扩容相比一般性扩容指导意见，更注重容量对视频业务体验的影响，条件设置更细分，综合考虑包括不同覆盖和用户分布，不同业务发展需求等内容来确定扩容门限。
- 视频业务相比其他业务，资源利用率和承载流量更高，相应的扩容门限也有一定特点。考虑到未来视频业务将占据流量主导，可在A类、B类等重点区域进行视频网络扩容。本白皮书也给出了不同场景下的视频网扩容建议。

建议LTE视频网扩容范围

场景	视频业务类型	基站类型	天线类型	带宽	扩容标准
A类区域	1080P	宏站	双天线	15M	小区PDCP流量>5GB且下行PRB利用率>45%
				20M	小区PDCP流量>6GB且下行PRB利用率>45%
B类区域	720P	宏站	双天线	15M	小区PDCP流量>5GB且下行PRB利用率>70%
				20M	小区PDCP流量>7GB且下行PRB利用率>70%
1类楼宇	1080P	室分	单天线	15M	小区PDCP流量>4GB且下行PRB利用率>55%
				20M	小区PDCP流量>6GB且下行PRB利用率>55%
			双天线	15M	小区PDCP流量>7GB且下行PRB利用率>55%
				20M	小区PDCP流量>10GB且下行PRB利用率>55%
2类楼宇	720P	室分	单天线	15M	小区PDCP流量>5GB且下行PRB利用率>75%
				20M	小区PDCP流量>6GB且下行PRB利用率>75%
			双天线	15M	小区PDCP流量>8GB且下行PRB利用率>75%
				20M	小区PDCP流量>10GB且下行PRB利用率>75%

注：考虑到现网业务发展，网络覆盖等情况，当不同场景下LTE视频网小区忙时连续7天中有4天达到下述条件，纳入扩容考虑范围

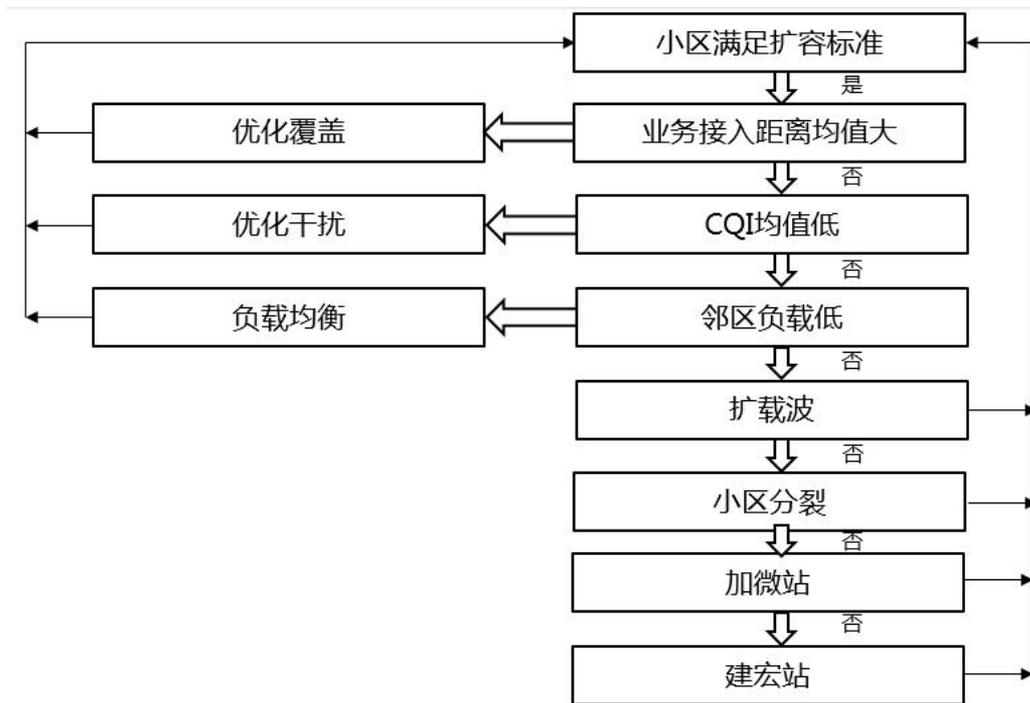
A类区域：市区和发达县城、校园、主要景点和主要交通干线

B类区域：一般县城和发达乡镇

1类楼宇：交通枢纽：机场、火车站、地铁、长途汽车站及公交枢纽、码头口岸，公共场所：4A级及以上旅游景区、大型会展中心、大型体育场馆、四星级及以上宾馆酒店，商业购物区：大型商业购物区，国家级工业园区/产业园区，政企单位：地市级及以上党政机关，大型企业单位，三甲及以上医院，学校校园：一类高校校园，商务写字楼区 一类商务写字楼

2类楼宇：宾馆酒店 三星级以下宾馆酒店，商业购物区 大型专业/聚类市场，省级工业园区/产业园区，政企单位 中型企业单位，学校校园 二类高校校园，商务写字楼区 二类商务写字楼

当小区进入扩容考虑范围，需满足如下判定准则，方可扩容：



提高小区边缘峰值速率方案

站址加密方案

- 通过**宏站加密**或者**LIGHT-Net**宏微协同进行站址加密，提高网络边缘信号质量

升级增强方案

- 采用**CoMP\MIMO**功能和软硬件升级，提高小区边缘信号质量

载波聚合方案

- 通过**载波聚合**方案，提高小区边缘用户峰值速率

提高小区扩容方案



对于采用站址加密方案和升级增强方案进行边缘速率提升的区域，后续可以采用增加载波的方式进行扩容；



对于采用载波聚合方案进行边缘速率提升的区域，后续扩容可以采用宏站加密、LIGHT-Net或升级增强的方式进行扩容；

小区加密、升级增强、增加频谱是从三个维度对网络进行增强，需要理清各自的适用场景和部署顺序。

基本原则：

- 以不大规模改动现有4G网络基本架构为前提，通过载波聚合实现视频业务边缘覆盖和网络容量提升。
- 充分利用铁塔资源，适当增加站址，完善基础网络覆盖，同时使用MIMO、CoMP等技术保证视频业务边缘覆盖。
- 对于密集城区，通过LIGHT-Net微站部署的方式提升边缘速率和网络容量
- 可适当开展承载网络优化、调整CDN布局等等，降低移动网络RTT时延，降低视频业务开展对无线网建设要求。



□ 资料及工具获取：

通过扫描视频网工具二维码，可以免费使用视频网标准查询、本地网数据分析工具及下载白皮书



资料包括：

下载链接 <http://cucc.ebmodel.cn>

1. 中国联通极致体验视频网建设标准白皮书
2. 视频网建设和扩容标准判定工具，可以提供不同业务需求，体验标准和网络覆盖情况下的建设和扩容标准
3. 本地网用户感知及扩容分析工具，如果需要详细分析本地网的用户体验，资源利用率，拥塞程度，扩容建议，可以将本地网的话统excel表格上传到工具，可给出详细分析结果

□ 视频应用EB表：

考虑到业务到达过程和业务需求的随机性，网络难以绝对满足规划的速率要求，而是以一定的概率来满足速率目标。因此，以视频初始缓冲体验需求和播放需求计算得到的综合速率需求为基础，设定不同的阻塞率目标以确定EB表流量和PRB利用率门限

视频分辨率/初始缓冲时延	视频综合速率需求(Mbps)	带宽20MHz, 频谱效率 (bps/Hz)	扩容门限	阻塞率(%)			
				10	5	2	1
1080P/2s	14	1.5	流量门限 (GB)	5.84	4.25	2.77	1.97
			PRB利用率	44%	32%	21%	15%
		2	流量门限 (GB)	10.03	7.94	5.84	4.55
			PRB利用率	57%	45%	33%	26%
		2.5	流量门限 (GB)	14.33	12.06	9.54	7.81
			PRB利用率	65%	55%	43%	36%
1080P/2.5s	8	1	流量门限 (GB)	4.50	3.48	2.46	1.86
			PRB利用率	51%	40%	28%	21%
		1.5	流量门限 (GB)	8.79	7.45	5.98	4.89
			PRB利用率	67%	57%	45%	37%
		2	流量门限 (GB)	13.11	11.57	9.81	8.58
			PRB利用率	75%	66%	56%	49%
1080P/4s	5	1	流量门限 (GB)	6.04	5.19	4.22	3.47
			PRB利用率	69%	59%	48%	40%
		1.5	流量门限 (GB)	10.39	9.36	8.24	7.43
			PRB利用率	79%	71%	63%	56%
		2	流量门限 (GB)	14.85	13.89	12.57	11.58
			PRB利用率	85%	79%	72%	66%

注1：在一定区间内，阻塞率和视频卡顿时长占比（或文件/网页下载恶化时延占比），基本相等

注2：从人因工程结果来看，视频卡顿时长占比为10%对应用户体验“fair”，5%对应用户体验“good”

谢谢！