

# 基于用户体验速率的5G无线网容量 指标阈值研究

## Research on 5G Wireless Network Capacity Index Threshold Based on User-perceived Rate

宋磊, 郑志刚, 胡磊, 王广增(中国移动通信集团设计院有限公司浙江分公司, 浙江 杭州 310012)  
Song Lei, Zheng Zhigang, Hu Lei, Wang Guangzeng (China Mobile Group Design Institute Co., Ltd. Zhejiang Branch, Hangzhou 310012, China)

### 摘要:

容量是影响5G网络用户体验的关键因素,在用户数量逐步提升的同时为保证用户体验需要及时进行5G无线网扩容。如何确定5G无线网容量指标阈值,是网络扩容必须首先解决的问题。将5G无线网容量指标与用户体验速率相联系,通过网络容量指标数据统计分析,获得指标数据与用户体验速率的变化规律,从而确定5G无线网容量指标阈值,为即将到来的5G无线网扩容工程提供参考。

### 关键词:

5G无线网;容量指标;体验速率;阈值

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.03.008

文章编号:1007-3043(2023)03-0040-04

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:

Capacity is a key factor affecting the user experience of 5G network. While the users of 5G network are gradually increasing, the 5G wireless network capacity needs to be expanded in time to ensure the user experience. How to determine the threshold of 5G wireless network capacity index is the first problem that must be solved in network expansion. Connecting the 5G wireless network capacity index with the user-perceived rate, and the correlation of the index data and the user-perceived rate is obtained through the statistical analysis of the network capacity index data, so as to determine the 5G wireless network capacity index threshold, which provides reference for the upcoming 5G wireless network expansion project.

### Keywords:

5G wireless network; Capacity index; Perceived rate; Threshold

**引用格式:**宋磊,郑志刚,胡磊,等. 基于用户体验速率的5G无线网容量指标阈值研究[J]. 邮电设计技术,2023(3):40-43.

## 0 引言

随着5G用户渗透率提升,5G网络承载业务量快速增长,5G网络容量问题将逐步显现。

众所周知,覆盖与容量是反映5G无线网性能的两个重要指标。截至2022年6月,中国5G基站数已达到185.4万个,5G网络覆盖问题得到逐步解决,5G无线网容量问题将是影响用户体验的重要因素。为避免用户体验速率因5G用户数增加而下降,需要及时对5G无线网进行扩容。

## 1 5G无线网容量指标

5G无线网容量通过可占用的空口资源及可接入的用户数量来表征。5G空口资源由时域、频域及空域组成(见图1),其中时域资源以符号(Symbol)的颗粒度被调度(由基站调度供用户占用),频域资源以RB的颗粒度被调度,空域资源以层(Layer)来表示,基站根据信道质量、信道相关性、用户配对情况进行调度。5G手机终端用户下行最大可占用4层、上行最大可占用2层。

4G无线网可占用的空口资源用PRB(Physical Resource Block)利用率来表征,即式(1)。但由于Mas-

收稿日期:2023-01-04

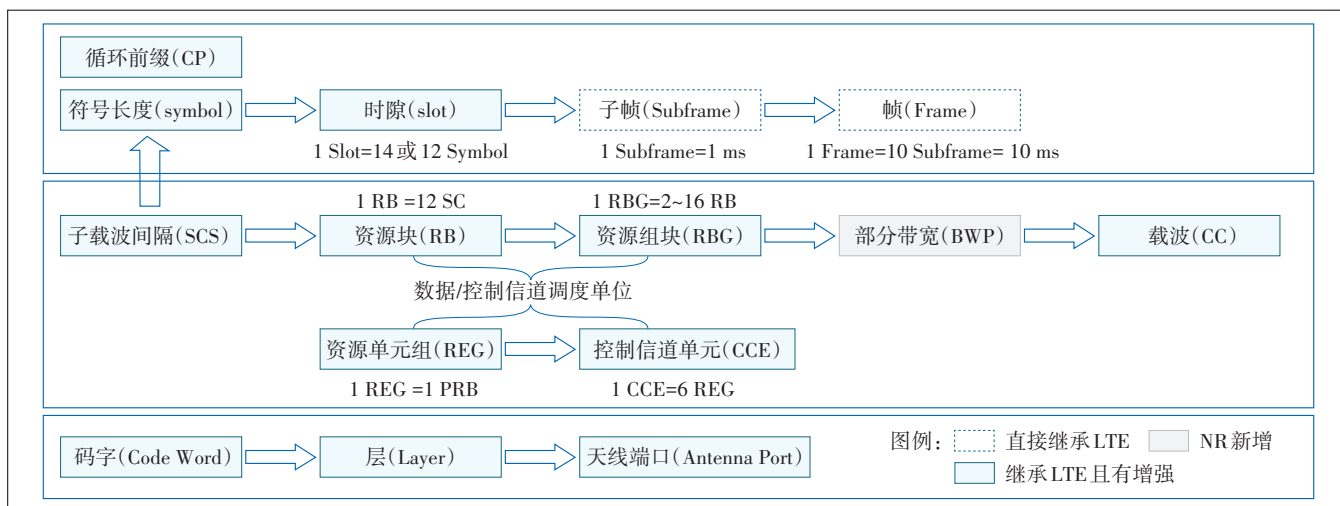


图1 5G空口时域、频域、空域资源

sive MIMO在5G无线网中被普遍应用,5G无线网的空域资源相对4G无线网丰富的多,空分层数扩展到最大16层,因此使用类似4G的PRB利用率来表征5G无线网可占用的空口资源已不合适。

$$\begin{aligned} \text{可占用PRB数} &= \text{PRB总数} \times (1 - \text{PRB利用率}) = \\ &= \text{PRB总数} \times \left( 1 - \frac{\text{PRB已占用数}}{\text{PRB总数}} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

可接入用户数则反映了5G无线网的用户接入能力,目前5G无线网小区可接入用户数已经达到1 200个(指RRC连接数,目前5G主流设备厂家产品均可达到该能力)。用户接入5G无线网后,如果要发送数据包需要由基站分配相应的时域、频域资源,即资源调度。常见的用户资源调度算法包括最大载干比、轮询及比例公平算法,无论哪种算法当5G小区用户数增多时用户可分配的资源数将下降,相应的用户体验速率就会随之下降。小区流量(即小区吞吐率)是小区内所有用户体验速率的和,无线网络容量发展模型显示当5G小区用户数增加到一定程度,由于用户体验速率下降,整体小区流量也会不再增长甚至出现下降(见图2)。因此如果仅采用用户数作为5G无线网容量指标,则无法反映在用户数增加的同时小区流量反而降低的问题,即网络流量被压抑,需要通过网络扩容来释放小区流量,从而增加5G网络运营收入。因此建议采用用户数(指发送数据包的用户数,即激活用户数)、小区流量2个指标来表征5G无线网容量。

## 2 用户体验速率

用户体验速率由用户终端占用的时域、频域、空

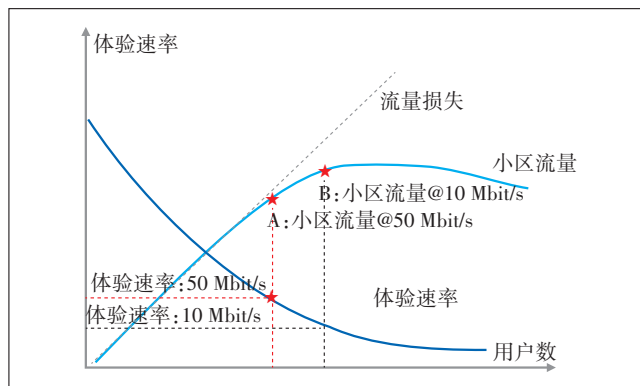


图2 无线网络容量发展模型

域资源数,及相应资源上采用的调制方式与信道编码方式决定。用户终端占用资源数、调制方式及信道编码方式则受业务特性、覆盖质量、用户数量、用户分布因素的影响,具体见表1。其中业务特性指传输业务平均的数据包大小,大于3 000 KB/Flow为大包业务、介于1 500~3 000 KB/Flow为中包业务、小于1 500 KB为小包业务,覆盖质量由接收SS信号(辅同步信号)功率即SS-RSRP表征。

自2019年以来,中国5G网络已经过了4年建设,重点大城市城区5G覆盖已经相对完善,覆盖质量相对

表1 用户终端占用资源、调制方式及信道编码方式影响因素

类别	影响因素			
	时域资源数	业务特性	覆盖质量	用户数量
频域资源数	业务特性	覆盖质量	用户数量	-
空域资源数	业务特性	覆盖质量	用户数量	用户分布
调制方式	业务特性	覆盖质量	-	-
信道编码	业务特性	覆盖质量	-	-

稳定。同时5G移动电话用户达4.55亿户,重点大城市城区5G用户已经达到一定规模,用户分布相对稳定。另外5G现网数据统计显示(以某重点大城市为样本),业务特性为大、中包的5G小区占比超65%(见表2),即5G无线网用户业务特性以大、中包为主。在5G用户达到一定规模的前提下,如果没有出现特别的5G业务,5G无线网小区的业务特性也相对稳定。因此在5G无线网覆盖质量、用户分布、业务特性相对稳定的阶段,用户数量将是影响用户体验速率的主要因素。

表2 现网各业务特性5G小区数量统计表

类别	大包业务	中包业务	小包业务
标准(5G小区一周流量自忙时单Flow流量)	大于3 000 KB	1 500~3 000 KB	小于1 500 KB
小区数量(个)/占比	2 290/14.2%	8 219/51%	5 619/34.8%

3GPP TS 28.554 协议定义用户体验速率(User-perceived rate)为空口传输数据速率,见式(2),需要滤除冗余信息,反映网络提供给用户的平均速率能力(见图3)。

$$\text{User-perceived rate} = \text{ThpVolDI} / \text{ThpTimeDI} \quad (2)$$

用户对体验速率的期待,取决于用户所使用业务对数据包传输速率的要求。目前高帧率视频业务已经成为用户对体验速率期待最高的业务。5G无线网视频业务统计数据(以某重点大城市为样本)显示约45%用户使用了1080P以上的视频业务[其中约7%的用户尝试采用1080P+(2K/4K/VR等)],同时这45%的用户消费了93%的视频流量。按照用户即点即开的要求,使用国内主要的视频APP应用,1080P视频需要至少10 Mbit/s的数据包传输速率,即10 Mbit/s的用户体验速率,见表3。

3GPP TS 36.314 协议使用秒级统计体验速率大于目标值的占比来表征用户体验满足度。5G无线网小

区统计(以某重点大城市为样本)数据显示(见图4)5G无线网小区用户平均速率越高,用户体验满足度越高;在用户体验满足度高于90%时,小区用户平均速率降低带来的用户满足度下降有限,在用户体验满足度低于90%时,小区用户平均速率降低的同时,用户体验满足度同步快速下降。因此建议将用户体验速率10 Mbit/s(目标值)的90%的满足度作为5G无线网扩容的用户体验基线。

### 3 5G无线网容量指标阈值

5G小区用户数(指激活用户数)是5G网络扩容阶段(在5G无线网覆盖质量、用户分布、业务特性相对稳定的情况下)影响用户体验速率的关键因素。同时5G无线网容量指标需要使用小区用户数、小区流量2个指标来表征。因此5G无线网容量指标阈值可以通过分析大量5G无线网小区的用户数、用户体验速率10 Mbit/s的90%满足度及小区流量样本,总结其关系规律来确定。

5G无线网现网小区(以某重点大城市为样本)上述3类样本的统计分析如图5所示,对比分析如下:

a) 以用户体验速率10 Mbit/s的90%的满足度作为用户体验基线,观察其与用户数(指激活用户数)的关系,样本显示用户体验速率满足度大于等于90%的小区,其用户数在90个以下,且集中在70个以下。当用户数小于70个时,仅有个别小区达不到用户体验速率10 Mbit/s的90%的满足度。因此可将5G无线网容量指标用户数的阈值设定为70个,即当5G小区用户数(指激活用户数)超过70个时,可以考虑通过5G无线网扩容来保证10 Mbit/s的用户体验不降低。

b) 再以70个用户数作为基线,观察其与小区流量(指小区自忙时下行流量)的关系,样本显示用户数

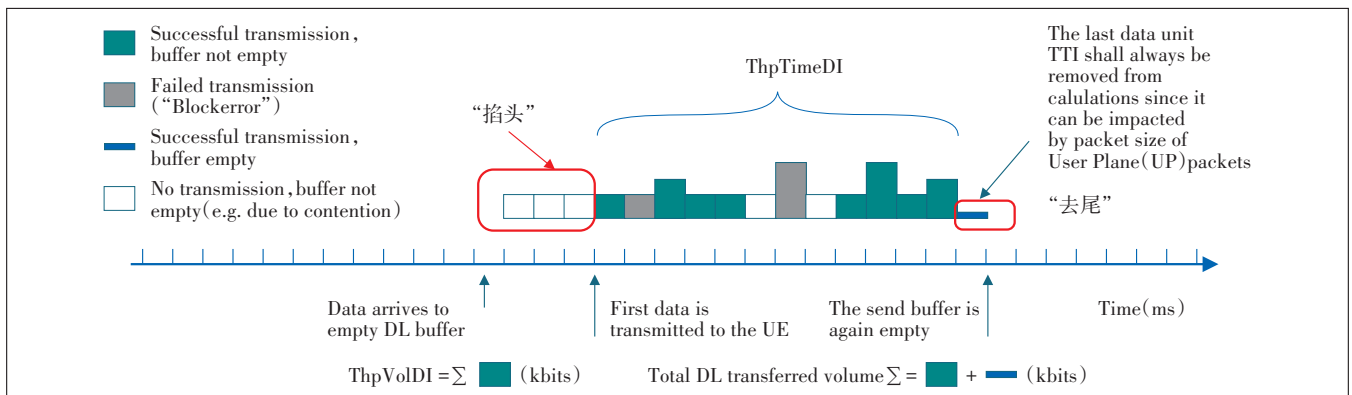


图3 用户体验速率计算示意图



表3 主要视频APP应用的体验速率要求

典型应用	OTT	分辨率	视频码率(均匀播放)/(Mbit/s)	体验速率要求/(Mbit/s)	
				4G无卡顿	5G秒开/即点即开(不转圈等待,不卡顿)
长视频	爱奇艺、优酷、腾讯	480P	0.6	1.2	3
		720P	1	2	5
		1080P	2	4	10
		1080P HDR	4	8	20
短视频	抖音、快手、B站	576P	0.9	1.8	4
		720P	1.1	2.2	5
		1080P	2	4	10
实时音视频	直播、连麦、视频会议、远程教育	480P	0.8	2.4	
		720P	2	6	
		1080P	4	8~12	
全景视频(新流量)	爱奇艺、快手、咪咕	1080P	3	4.5	14
		2K	8	12	40
		4K	15	22.5	70
自由视角	优酷、咪咕、沃视频、酷狗	1080P	15	22.5	70
云游戏	腾讯START、网易云游戏等	720P	5	7.5	
		1080P	10	15	

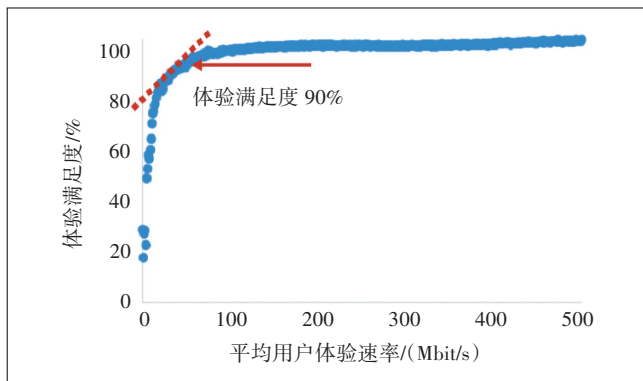


图4 体验满足度与小区用户平均体验速率关系图

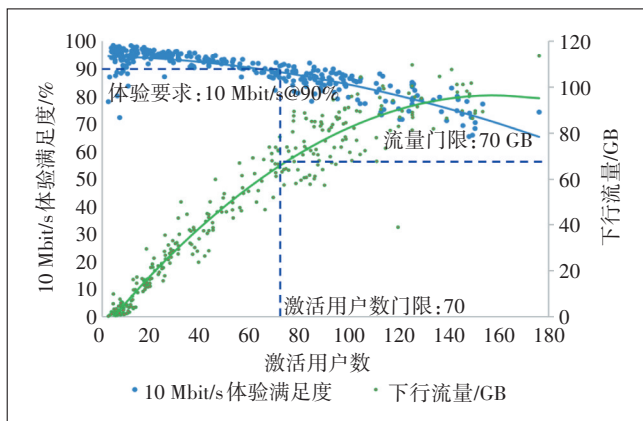


图5 体验满足度、用户数、小区流量样本统计图

低于70个的小区,其小区流量在80 GB以下,且集中在70 GB以下。当小区流量低于70 GB时,仅有个别小区的用户数超过70个。因此可将5G无线网容量指标小区流量的阈值设定为小区自忙时70 GB,即当5G小区流量(指小区自忙时下行流量)大于70 GB时,可考虑进行5G无线网扩容。

综上所述,建议5G无线网容量指标阈值分别为用户数70个、小区流量70 GB。若作为5G无线网扩容工程启动的门限指标,则需要2个指标同时达到阈值,主要是为了避免由于小包业务用户比例突然增多或个别灌包用户导致小区流量突然升高而产生“误扩容”问题。为达到及时准确扩容的目的,可随时监测这2个指标阈值,当5G无线网小区2个指标阈值同时满足时,即5G小区的用户数高于70个同时小区流量大于70 GB时,及时启动5G无线网扩容工程,来保证10 Mbit/s的用户体验满足度。

#### 4 结束语

5G的网络容量决定着用户数量与用户体验速率的匹配程度。通过用户的体验速率,可直接反馈用户对网络的满意度。通过对用户的体验速率与5G无线网容量指标阈值的研究,可精准匹配业务需求与网络扩容门限的关系,通过及时的无线网扩容,可进一步提升用户的网络感知,更好地保留用户并提供更好的网络体验。5G无线网扩容工程将是后期5G网络建设的主要内容,由用户数、小区流量阈值组成的容量指标阈值可用做5G无线网扩容工程启动的门限指标进行推广。

#### 参考文献:

- [1] 3GPP. Physical Channels and Modulation (Release 17): TS 36.211 [S/OL]. [2022-03-22]. <http://ftp.3gpp.org/>.
- [2] 3GPP. Multiplexing and Channel Coding (Release 17): TS 36.212 [S/OL]. [2022-03-22]. <http://ftp.3gpp.org/>.
- [3] 3GPP. Physical Layer Procedures (Release 17): TS 36.213 [S/OL]. [2022-03-22]. <http://ftp.3gpp.org/>.
- [4] 3GPP. Physical Layer Measurements (Release 17): TS 36.214 [S/OL]. [2022-03-22]. <http://ftp.3gpp.org/>.

#### 作者简介:

宋磊,高级工程师,硕士,主要从事5G无线网规划方法方面的研究工作;郑志刚,高级工程师,学士,主要从事5G网络多频段组网和5G网络新技术研究工作;胡磊,工程师,硕士,主要从事4G/5G/NB-IoT网络规划相关工作;王广增,高级工程师,学士,主要从事移动通信规划、设计工作。