

# 校园LTE网络容量评估模型

## Campus LTE Network Capacity Evaluation Model

闫天中, 闫晶莹(中国联通太原分公司, 山西 太原 030002)

Yan Tianzhong, Yan Jingying(China Unicom Taiyuan Branch, Taiyuan 030002, China)

### 摘要:

随着校园业务模型的极大丰富,网络流量呈现井喷式增长。而在现有基站的布局下,随着用户流量的急剧上升,用户感知速率会受到严重影响。为了保证校园用户良好的上网感知,提出了基于用户感知速率的小区需求模型。

### 关键词:

SINR;载波数;小区容量;单小区吞吐率

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.06.013

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)06-0056-05

### Abstract:

With the great enrichment of the campus business model, the network traffic presents a blowout growth. Under the existing base station layout, with the rapid increase of user traffic, user perception rate will be seriously affected. In order to ensure good Internet access awareness of campus users, it proposes a community demand model based on user perception rate.

### Keywords:

SINR; Carrier number; Cell capacity; Single cell throughput rate

**引用格式:**闫天中,闫晶莹. 校园LTE网络容量评估模型[J]. 邮电设计技术,2019(6):56-60.

## 0 引言

随着中国联通营销策略的变化,校园用户成为本市相对集中的客户群。校园市场在移动通信网络发展中已成为最具战略性的市场。学生群体追求时尚,品牌归属感强,是未来高端客户的潜在群体。要稳定校园网络用户,一张运行稳定的精品网是基础。而随着校园网络负荷的增大,提前预估网络需求也变得异常重要,基于用户感知速率,根据下行业务占比、忙时用户激活率、平均单用户下载速率、用户数以及单

小区吞吐率的值,确定需要的载波数,确定校园宿舍容量模型。

## 1 参数介绍

### 1.1 载波数

1个逻辑小区支持开多个载波,如L1800 20 MHz + L2100 20 MHz共2个载波,载波数越多,逻辑小区的吞吐率越高。

### 1.2 单小区吞吐率

1个20 MHz LTE小区的吞吐率理论在64QAM的情况下上限为150 Mbit/s,但当无线环境SINR较差时,UE无法使用较高的编码方式。常见的调制解调方式

收稿日期:2019-03-28

有(按编码效率):QPSK、16QAM、64QAM、256QAM。在信号质量不好时一般会使用低编码效率的解调方式。

编码方式和SINR之间的关系如表1所示。

表1 编码方式和SINR之间的关系

CQI	Modulation	Code Rate×1 024	Efficiency	SINR/dB
1	QPSK	78	0.152 3	SINR≤-5.98
2	QPSK	120	0.234 4	-5.98<SINR≤-4.56
3	QPSK	193	0.377 0	-4.56<SINR≤-2.87
4	QPSK	308	0.601 6	-2.87<SINR≤-1.1
5	QPSK	449	0.877 0	-1.1<SINR≤0.8
6	QPSK	602	1.175 8	0.8<SINR≤2.65
7	16QAM	378	1.476 6	2.65<SINR≤4.67
8	16QAM	490	1.914 1	4.67<SINR≤6.54
9	16QAM	616	2.406 3	6.54<SINR≤8.45
10	64QAM	466	2.730 5	8.45<SINR≤10.52
11	64QAM	567	3.322 3	10.52<SINR≤12.31
12	64QAM	666	3.902 3	12.31<SINR≤14.62
13	64QAM	772	4.523 4	14.62<SINR≤16.57
14	64QAM	873	5.115 2	16.57<SINR≤18.65
15	64QAM	948	5.554 7	>22.7

### 1.3 单层房间用户数

以典型的宿舍楼为例,1层楼约30个房间,每个房间平均按6人间计算,1层楼累计用户为180人。

### 1.4 中国联通用户数

中国联通用户数=总用户数×市场占比,如中国联通用户占比为30%~60%,对应1层楼的中国联通用户为54~108。

### 1.5 下行业务占空比

UE在进行数据业务时,并不是一直在与服务器进行数据交互,下行业务占空比=PDCP层与服务器进行数据交互的时长/整个数据业务持续的时长。

下行业务占空比与场景(宏站与室分)、业务特点(视频与图片)有关,通过统计,中国联通整网的下行业务占空比为15%左右。

### 1.6 忙时用户激活率

忙时用户激活率=忙时小区覆盖区域内在做数据业务的用户数/该小区内所有的中国联通用户数。

例如:宿舍楼一层楼一个小区,中国联通用户共100个,忙时有50个用户在网上,50在睡觉,那么这个小区的忙时用户激活率为50%。

宿舍区:根据学校用户的活跃情况,忙时用户激活率为40%~50%。

教学楼:根据学校用户行为,忙时用户激活率为30%~40%。

体育场馆:忙时用户激活率为50%左右。

## 2 小区单用户下载速率模型

平均单用户下载速率=(载波数×单小区吞吐率)/总用户×市场占比×下行业务占空比×忙时用户激活率。

根据不同SINR环境下小区的吞吐率,不同区域中国联通用户市场占比,以及不同场景用户激活率可计算出该小区配置下单用户下载速率如表2所示。

表2 单用户下载速率计算结果

单层宿舍计算模型	SINR=0~5 dB	SINR=5~10 dB	SINR=10~20 dB	SINR>20 dB
载波数	1			
单小区吞吐率/(Mbit/s)	30	60	80	100
单层楼30房间用户数	180	180	180	180
单层楼中国联通用户数	90	70	70	70
下行业务占空比/%	15	15	15	15
忙时用户激活率/%	60			
平均单用户下载速率/(Mbit/s)	3.70	9.52	12.70	15.87

例如:当SINR为10 dB,小区内中国联通用户数为70时,1个20 MHz LTE小区内单用户下载速率大约为12.7 Mbit/s。

## 3 根据单用户保障速率计算小区需求

根据上述模型,输入需要保障的单用户下载速率、中国联通市场渗透率、忙时用户激活率即可得出该楼宇需要配置多少个小区,如表3所示。

该模型为同一物理场所但不同的无线环境、用户渗透率、忙时用户激活率下,不同的目标LTE用户平均速率所需要的载波数。例如在用户渗透率为50%,忙时用户激活率为30%,小区下行吞吐率为50 Mbit/s(由无线环境决定)时,为保障单用户下行速率达到5 Mbit/s,需要建设3个20 MHz载波。

## 4 模型实际测算

### 4.1 某校宿舍区8号楼

人数:某校8号宿舍楼,单层共66个房间,每间房住6人,每层总用户数为396人。

用户渗透率:分别按30%、40%、50%、60%共4个段位进行测算。

表3 楼宇需要配置的小区数计算结果

输入参数	FDD LTE		FDD LTE		FDD LTE	
高峰人流量	1080		1080		1080	
每层用户数	180		180		180	
用户渗透率/%	50		60		70	
移动用户数	540		648		756	
4G用户渗透率/%	100		100		100	
LTE注册用户数	540		648		756	
上下行模式	UL	DL	UL	DL	UL	DL
忙时用户激活率/%	30		40		50	
忙时激活用户数	162		259.2		378	
UL/DL业务占比/%	10	15	10	15	10	15
LTE UL/DL忙时调度用户数	16.2	24.3	25.92	38.88	37.8	56.7
LTE用户平均速率/(Mbit/s)	3	5	4	8	5	10
UL/DL容量需求/(Mbit/s)	48.6	121.5	103.68	311.04	189	567
UL/DL小区平均吞吐率/(Mbit/s)	35	50	35	50	35	50
UL/DL小区数(单载波)	2	3	3	7	6	12

20 MHz 小区平均吞吐率。宿舍区内部整体平均 SINR 分布在 5~10 dB, 20 MHz 单小区平均吞吐率在 60~80 Mbit/s; 综合取 70 Mbit/s。

业务占比: 选为全网的典型经验值 15%。

忙时用户激活率: 针对该校区, 宿舍忙时用户激活率取 50% (全校忙时用户激活率为 45%)。

载波数: 目前 8 号宿舍楼由 4 个微站小区覆盖, 2 个 L1800 20 MHz+2 个 L2100 15 MHz。由于 L2100 小区并非严格的 20 MHz LTE 小区, 因此 8 号楼整体载波数为  $2+2 \times (15/20) = 3.5$  个, 均摊到单层楼, 每层小区数为  $3.5/6 = 0.58$  个载波。

将上述参数代入模型, 结果如表 4 所示, 计算得出理论忙时单用户下载速率为: 2.27~4.54 Mbit/s。

提取现网 8 号宿舍楼小区级指标如表 5 所示。

实际忙时单用户下载速率为: 2.3~4.8 Mbit/s, 平均值为 3.5 Mbit/s

#### 4.2 教学楼

人数: 教学办公区域, 学生上课时人流量大, 整栋楼可容纳用户 5 000 人。

用户渗透率: 分别按 30%、40%、50%、60% 共 4 个段位进行测算。

20 MHz 小区平均吞吐率: 综合取 70 Mbit/s。

业务占比: 选为全网的典型经验值 15%。

忙时用户激活率: 针对该校园, 教学楼忙时用户激活率取 40% (全校忙时用户激活率为 45%)。

载波数: 目前教学楼由 2 个宏站小区 (通达微波的

表4 8号楼理论忙时单用户下载速率

8号楼测算	SINR=5~20 dB				备注
载波数	0.58				20 MHz+15 MHz
单小区吞吐率/(Mbit/s)	70	70	70	70	与 SINR 有关
单层楼总用户	396	396	396	396	由入住情况统计
中国联通用户渗透率/%	30	40	50	60	30%~60% 共 4 个段位
中国联通用户数	120	160	200	240	
业务占比/%	15	15	15	15	典型经验值
忙时用户激活率/%	50				整体学校: 50%
理论单用户下载速率/(Mbit/s)	4.54	3.40	2.72	2.27	不同渗透率下单用户下载速率(理论值)

表5 8号宿舍楼小区级指标

现网小区名称	单用户下行吞吐率/(Mbit/s)
8号楼北 SC-B_3	2.326 5
8号楼南 SC-B_8	3.534 7
8号楼北 SC-BCA_3	4.860 2
8号楼南 SC-BCA_8	3.351 8

1 小区和 4 小区) 覆盖, 1 个 L1800 20 MHz+1 个 L2100 15 MHz。由于 L2100 小区并非严格的 20 MHz LTE 小区, 因此教学楼载波数为  $1+1 \times (15/20) = 1.75$  个。将以上参数带入模型, 结果如表 6 所示。

表6 教学楼单用户下载速率(理论值)

教学楼	SINR=5~20 dB				备注
整体楼载波数	1.75				20 MHz+15 MHz
单小区吞吐率/(Mbit/s)	70	70	70	70	与 SINR 有关
整层楼总用户	3 000	3 000	3 000	3 000	学生流动情况
用户渗透率/%	30	40	50	60	
中国联通用户数	900	1 200	1 500	1 800	30%~60% 共 4 个段位
业务占比/%	15	15	15	15	典型经验值
忙时用户激活率/%	40				整个学校: 40%
理论单用户下载速率/(Mbit/s)	2.27	1.70	1.36	1.13	教学楼单用户下载速率(理论值)

教学楼忙时平均单用户下载速率为: 1.13~2.27 Mbit/s。

提取现网指标, 该教学楼实际忙时用户下载速率为 1.66~1.76 Mbit/s, 平均值为 1.70 Mbit/s。

## 5 模型测算与实际对比

模型测算和实际对比结果如表 7 所示, 模型计算单用户下载速率与现网值较为接近。

误差影响因素分析如下。

a) 用户渗透率。不同楼宇内部中国联通用户渗

表7 模型测算和实际对比结果(单位:Mbit/s)

校园	单用户下载理论计算值	现网指标	现网指标平均值
8号宿舍楼	2.27~4.54	2.3~4.8	3.5
教学楼	1.13~2.27	1.66~1.76	1.7

透率不同,有的30%,有的可能有70%。

b) SINR分布。不同楼宇小站内部、小站与宏站之间可能存在干扰,SINR越低,小区吞吐率越低,实际单用户下载速率越低。

c) 用户激活率。跟学校环境、场景有关。如重点大学总体比专业技校偏小,同环境下,教学楼较宿舍区偏小。该参数根据不同学校、场景需要修正。

## 6 模型测算与实际小区规划

### 6.1 宿舍区8号楼

某校8号楼通过模型预测,当前小区配置下(2个L1800+2个L2100),单用户理论下载速率为2.27~4.54 Mbit/s(见表4)。

本次该校8号楼设计方案中Lampsite规划LTE小区配置为S111111,频段为L1800 20 MHz,初期不开L1800带内10 MHz,计划室外只开L2100 15 MHz,与室内Lampsite进行异频组网,那么整栋楼载波数为:6+2×(15/20)=7.5,平均每层楼均摊7.5/6=1.25个载波,代入模型可测算出,按照当前Lampsite S111111配置,室外S11配置情况下,单用户下载速率为:4.86~9.72 Mbit/s(见表8)。

表8 8号楼初期规划理论单用户下载速率

8号楼初期规划	SINR=10 dB(平均10 dB计算)				备注
载波数	1.25				20 MHz+15 MHz
单小区吞吐率/(Mbit/s)	70	70	70	70	与SINR有关
单层楼总用户	396	396	396	396	由入住情况统计
中国联通用户数	120	160	200	240	30%~60%共4个段位
业务占比/%	15	15	15	15	典型经验值
忙时用户激活率/%	50				校园:50%
理论单用户下载/(Mbit/s)	9.72	7.29	5.83	4.86	初期Lampsite配置L1800 20 MHz(理论值)

考虑用户体验及网络负荷,后期考虑开启带内L1800带内10 MHz,开启带内后,总载波数为7.5+3=10.5个,单层楼均摊载波数:10.5/6=1.75,代入模型测算出,单用户下载速率为:6.81~13.61 Mbit/s,根据最低的保障用户速率可进行灵活调整(见表9)。

### 6.2 教学楼

表9 8号楼后期规划理论单用户下载速率

8号楼后期规划	SINR=10 dB(平均10 dB计算)				备注
载波数	1.75				20 MHz+15 MHz
单小区吞吐率/(Mbit/s)	70	70	70	70	与SINR有关
单层楼总用户	396	396	396	396	由入住情况统计
中国联通用户数	120	160	200	240	30%~60%共4个段位
业务占比/%	15	15	15	15	典型经验值
忙时用户激活率/%	50				校园:50%
理论单用户下载/(Mbit/s)	13.61	10.21	8.17	6.81	后期Lampsite开带内(理论值)

该校教学楼通过模型预测,当前小区配置下(1个L1800+1个L2100),单用户理论下载速率为1.13~2.27 Mbit/s(见表5)。

本次教学楼设计方案中Lampsite规划LTE小区配置为S1111,频段为L1800 20 MHz,初期不开L1800带内10 MHz,与室外宏站进行异频组网,那么整栋楼载波数为:4+1×(15/20)=4.75,代入模型可测算出,按照当前Lampsite S1111配置,单用户下载速率为:3.08~6.16 Mbit/s(见表10)。

表10 教学楼初期规划理论单用户下载速率

教学楼初期规划	SINR=5~20 dB				备注
整体楼载波数	4.75				20 MHz+15 MHz
单小区吞吐率/(Mbit/s)	70	70	70	70	与SINR有关
整层楼总用户	3 000	3 000	3 000	3 000	学生流动情况
用户渗透率/%	30	40	50	60	
中国联通用户数	900	1 200	1 500	1 800	30%~60%共4个段位
业务占比/%	15	15	15	15	典型经验值
忙时用户激活率/%	40				教学楼:40%
理论单用户下载/(Mbit/s)	6.16	4.62	3.69	3.08	

由于该教学楼容纳学生数多,考虑用户体验及网络负荷,后期考虑从S111扩容至S11111111,扩容后总载波数为8.75个,代入模型测算出,单用户下载速率为:5.67~11.34 Mbit/s,根据最低的保障用户速率可进行灵活调整(见表11)。

为做到频率资源利用率最大化,干扰最小化,宏站、微站、Lampsite的频谱规划按以下原则进行配置。

a) 室内Lampsite优先开L1800 20 MHz,初期不开带内,小区优先级调高。

b) 室外优先开L2100 15 MHz,可与室内Lampsite进行异频组网。

表 11 教学楼后期规划理论单用户下载速率

教学楼后期规划	SINR=5~20 dB				备注
整体楼载波数	8.75				20 MHz+15 MHz
单小区吞吐率/(Mbit/s)	70	70	70	70	与SINR有关
整层楼总用户	3 000	3 000	3 000	3 000	学生流动情况
用户渗透率/%	30	40	50	60	
中国联通用户数	900	1 200	1 500	1 800	30%~60%共4个段位
业务占比/%	15	15	15	15	典型经验值
忙时用户激活率/%	40				教学楼:40%
理论单用户下载/(Mbit/s)	11.34	8.51	6.81	5.67	

c) 宏站主要承载U2100 3G语音,覆盖校园内部的小区,根据室内负荷情况开L1800 10 MHz,争取与室内L1800 20 MHz互不干扰。

## 7 结束语

本文依托现网大数据分析和多重理论公式推导,从流量价值和用户价值2个方面进行考量,构建一种校园LTE容量研究方法体系。根据现网实际情况,对校园用户感知速率建模,并将理论值与实际值进行对比,结果吻合。根据上述模型,输入需要保障的单用户下载速率、中国联通市场渗透率、忙时用户激活率即可得出该楼宇需规划载波数,为LTE容量规划提供一种新思路。

### 参考文献:

[1] 刘通. LTE网络SINR质差问题分析[J]. 数字通信世界, 2017(2).  
 [2] 陈雷, 黄久成, 王乙名. 高话务场景下的4G容量优化分析[J]. 邮电设计技术, 2016(2): 7-11.  
 [3] 刘思杨. LTE网络优化技术[J]. 通信管理与技术, 2011(1): 6-9.  
 [4] 龙青良, 张磊. 基于用户感知的LTE网络优化关键问题研究[J]. 邮电设计技术, 2014(10): 14-20.  
 [5] 梁松柏, 魏宁, 任阔. 驻波对移动网覆盖和容量的影响分析[J]. 邮电设计技术, 2016(6): 51-54.  
 [6] 秦文丽, 王刚, 刘桓, 等. 基于MRO数据的LTE网络覆盖评估优化[C]//2014信息通信网技术业务发展研讨会. 2014.  
 [7] 郭宝. 基于客户感知的TD优化思路及价值业务控制探讨[J]. 移动通信, 2010, 34(10): 24-27.  
 [8] 郭忠华, 王建东, 孙英杰, 等. LTE网络中CQI质差优化分析思路[J]. 山东通信技术, 2016, 36(4): 17-20.  
 [9] ZHENG X, WANG S, FU M, et al. Urban Cluster Layout Based on Voronoi Diagram [C]//Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering. Springer Netherlands, 2010: 13-18.  
 [10] LIU L, HUANG L, ZHAO H. The Application of Voronoi in Wireless Network Planning [J]. Designing Techniques of Posts & Telecommu-

nications, 2012(2).

[11] 陈杨, 罗凤姬, 杨芙蓉, 等. 重叠覆盖对FDD-LTE容量的影响[J]. 移动通信, 2015(20): 14-18.  
 [12] 吴文波. LTE网络容量优化方法研究[J]. 中国新通信, 2014(23): 51-52.  
 [13] 姜建里, 刘洪涛, 张博. 基于TD-LTE的容量规划研究[J]. 电信技术, 2013(12): 58-60.  
 [14] 张自成, 窦绍宾, 赵化锴. TD-LTE网络容量分析研究与应用[J]. 数字技术与应用, 2013(11): 27-27.  
 [15] 文志成, 亓新峰. FDD LTE无线性能与影响因素分析[J]. 信息通信技术, 2013(2): 70-74.  
 [16] 陈楚雄. 关于FDD-LTE网络规划覆盖探讨[J]. 中国新通信, 2015(3): 16-16.  
 [17] 周戈, 王军文. FDD-LTE网络前向干扰及容量的建模分析[J]. 电信科学, 2015, 31(2): 147-151.  
 [18] 范金宁, 郑旭升. LTE FDD容量规划研究[J]. 移动通信, 2013(22): 26-28.  
 [19] 王慧茹. 关于FDD-LTE网络规划覆盖探讨[J]. 中国新通信, 2014(11): 17-17.  
 [20] 徐德平, 耿鲁静, 程日涛. TD-LTE/LTE FDD容量提升创新方法及组网方案[J]. 电信科学, 2015(s1): 17-22.  
 [21] 张德平, 潘晓峰, 蒋向艳. FDD-LTE在4T4R下容量与速率增益测试验证[J]. 中国新通信, 2017(20).  
 [22] 王晓波, 徐俊武. LTE-FDD系统干扰与容量分析[J]. 数字化用户, 2017, 23(36).  
 [23] 黄飞泉, 曾诚, 赖晓彬, 等. LTE FDD网络空口随机接入容量评估与优化思路探讨[J]. 电信科学, 2014(s1): 52-56.  
 [24] 谢卫浩, 张文, 彭海涛. 校园高话务区FDD-LTE覆盖方式分析[J]. 移动通信, 2014(24): 5-10.  
 [25] 刘泉. LTE FDD容量规划研究[J]. 工程技术: 全文版, 2016(8): 00286-00286.  
 [26] 李战, 刘建明. 基于校园LTE网络容量和感知优化的探究[J]. 移动通信, 2016, 40(7): 59-65.  
 [27] 赵冬, 许森, 孙震强. LTE TDD-FDD混合组网中的载波聚合技术[J]. 电子技术与软件工程, 2015, 1(22): 29-29.  
 [28] 于贤. 高校场景LTE网络立体组网解决方案研究[J]. 中国新通信, 2016, 18(7): 96-96.  
 [29] 宋峻. 南京联通4G聚会类场景优化之校园网专项[J]. 通讯世界, 2017(4): 68-69.  
 [30] 柯永堆. 浅谈城市复杂环境下的LTE无线网络优化方法[J]. 通讯世界, 2017(6): 127-127.

### 作者简介:

闫天中, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络优化工作; 闫晶莹, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络优化工作。

