

# 5G NSA网络评价指标体系研究


## Research on 5G NSA Network Evaluation Index System

李一<sup>1</sup>, 许国平<sup>2</sup>, 刘光海<sup>1</sup>, 李菲<sup>2</sup> (1. 中国联通研究院, 北京 100176; 2. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033)  
Li Yi<sup>1</sup>, Xu Guoping<sup>2</sup>, Liu Guanghai<sup>1</sup>, Li Fei<sup>2</sup> (1. China Unicom Research Institute, Beijing 100176, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

### 摘要:

基于5G NSA网络评价指标体系开展深入研究,一方面以结果为导向,构建三级KPI指标评价体系:一级KPI指标从用户感知角度整体把握网络情况,主要用于运营商5G网络质量的对外展示;二级KPI指标从网络性能角度整体评估网络质量,主要用于各省、地(市)网络情况比对比;三级KPI指标是对网络性能的具体细化评估,主要用于定位网络问题。设计了当前5G主要业务的评价指标,从而得到各种场景下重点业务在无线网络上的实际感知。

### 关键词:

NSA; 三级KPI指标; 评价体系; 结果导向  
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.08.008  
文章编号: 1007-3043(2020)08-0038-06  
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:

It conducts in-depth research based on the 5G NSA network evaluation index system. On the one hand, it is result-oriented and builds a three-level KPI index evaluation system: the first-level KPI index grasps the overall situation of the network from the perspective of user perception, and is mainly used for China Unicom's 5G network quality demonstration. The second-level KPI index is used to evaluate the overall network quality from the perspective of network performance, and is mainly used to compare the network conditions of provinces and cities. The third-level KPI index is a detailed evaluation of network performance, and is mainly used to locate network problems. It constructs a service index evaluation system to effectively evaluate the actual situation of wireless networks in different service scenarios.

### Keywords:

NSA; Three-level KPI index; Evaluation system; Result-oriented

引用格式: 李一, 许国平, 刘光海, 等. 5G NSA网络评价指标体系研究[J]. 邮电设计技术, 2020(8): 38-43.

## 0 前言

2019年6月6日,工业和信息化部正式向中国移动、中国联通、中国电信三大基础运营商和中国广电发放了5G牌照,标志着中国正式进入5G元年。三大运营商纷纷加快5G网络规划和部署。截至2020年2月,中国联通5G基站已超过5万。中国联通按照规建维优一体化原则,在网络规划、建设的同时一并关注网络优化与维护。如何全面合理地评估5G网络性能,从而指导网络优化乃至本地网建设,是我们必须思考

的问题。

5G网络定义了三大应用场景:增强移动宽带业务(eMBB)、超高可靠超低时延通信业务(uRLLC)、大连接物联网业务(mMTC)。5G网络可以带来更快的速率、更短的时延、更强的稳定性和更多的用户。如何评估网络是否适配业务发展,从而做到精准优化、精准投资,是运营商必须探讨的问题。

综上,无论对网络本身还是业务发展,5G网络评估体系的研究都是亟待解决的重要问题。

## 1 5G网络架构和网络评价流程

### 1.1 5G网络架构

收稿日期: 2020-06-03

5G网络有2种组网方式:非独立组网(NSA)和独立组网(SA),如图1所示。NSA网络下,5G网络无法独立存在,需依托现有4G网络进行5G网络相关部署。基于NSA网络架构,5G网络仅承载用户数据,控制信令仍通过4G网络传输。SA网络下,5G网络完全新建,包括新基站(gNodeB)、新回程和新核心网(5GC),5G基站直接连接5G核心网,无需依托4G网络。

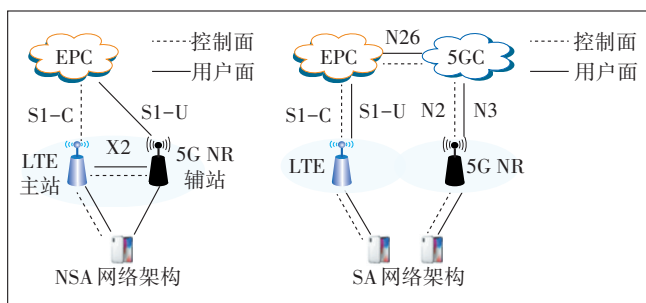


图1 5G网络组网方式

基于降低部署成本、尽快部署5G的目的,在5G建网初期先演进无线接入网,而保持4G系统核心网不动,中国联通5G网络建设采用NSA架构。本文主要针对5G NSA网络进行评价指标体系研究。

### 1.2 网络评价流程

网络评价一般包含数据提取、数据清洗、建模、评价等流程。网络评价流程如图2所示。

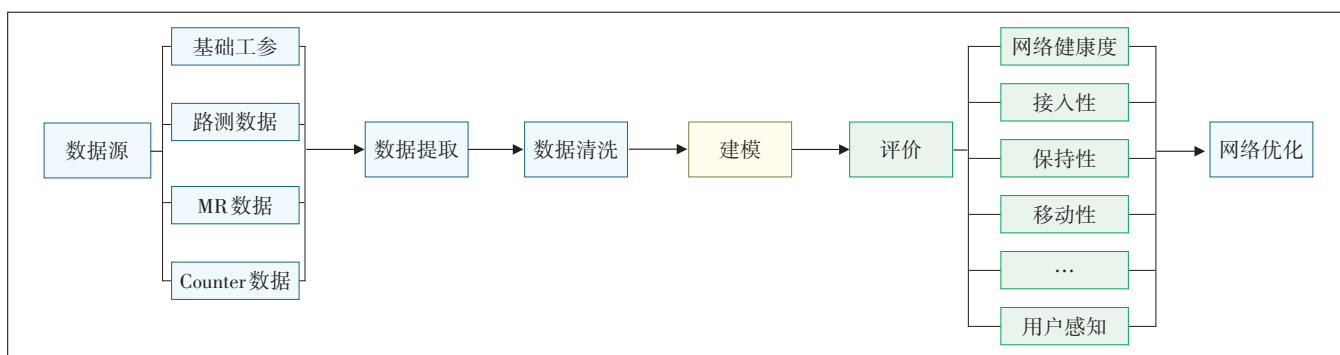


图2 网络评价流程

#### 2.1.1 覆盖情况

传统网络覆盖的评价方法,主要依托MR数据中RSRP弱覆盖占比,但该评价方式有2个缺点:一是MR数据只有当用户有该制式网络信号时才可采集,无覆盖区域数据无法采集,尤其在建网初期无覆盖区域较多,用MR数据评估网络覆盖并不是明智的选择;二是目前MR数据的采集格式、采集方式等都还在探索阶段,并没有形成规范。

传统网络评价体系在建模过程中主要是指标的罗列,评价结果也是单一维度的性能呈现,无法全面呈现网络的整体情况,结果导向性欠缺。另外,传统网络评价体系只从网络性能本身触发,没有结合业务自身特点,实际应用性不足。本文一方面以结果为导向,构建三级KPI指标评价体系,不同等级的KPI指标面向不同的展示对象,多维度全方位展示网络性能水平;另一方面从实际应用出发,构建业务指标评价体系,有效评估不同业务场景下无线网络的实际情况。

## 2 三级KPI指标评价体系

5G NSA网络三级KPI评价指标体系:一级KPI指标从用户感知角度整体把握网络情况,主要用于运营商5G网络质量的对外展示,旨在简洁、精准;二级KPI指标从网络性能角度整体评估网络质量,主要用于各省、地(市)网络情况对比,旨在全面、融合;三级KPI指标是对网络性能的具体细化评估,主要用于定位网络问题,旨在精细、完整。三级KPI指标评价体系如图3所示。

### 2.1 一级KPI评价指标

一级KPI评价指标用于宏观评估网络整体情况,主要说明以下3个问题:覆盖情况、用户感知情况和投资利用情况。

因此,本文提出通过用户的5G网络使用时长占比评估5G网络的整体覆盖情况,即当5G用户进入网络产生业务时,有多大概率业务真正使用5G网络。RRC连接平均数表征一段时间网络的用户平均数,且为周期采样,因此RRC连接平均数与采样周期相乘,即可得到网络中用户的使用网络时长。该数据使用counter即可获得,同时无论在有5G覆盖区域还是无5G覆盖区域,均能统计相关指标,可以准确地反映5G网络

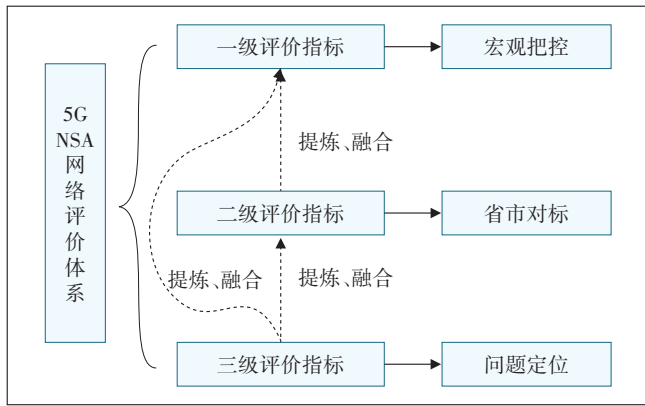


图3 三级KPI指标评价体系

覆盖的实际情况。5G网络使用时长占比的计算公式如下：

$$\text{5G网络使用时长占比} = \frac{\text{5G用户业务态处于双连接的时长}}{\text{5G用户业务态总时长}} = \frac{\sum_i (\text{RRC连接平均数}_{4G,i}^{\text{EN-DC}} \times T)}{\sum_j (\text{RRC连接平均数}_{4G,j} \times T)}$$

式中：

RRC连接平均数 $_{4G,i}^{\text{EN-DC}}$ ——第*i*个4G小区处于EN-DC状态的NSA终端的RRC连接平均数

RRC连接平均数 $_{4G,j}$ ——第*j*个4G小区NSA终端的RRC连接平均数

*T*——采样周期

用户现在做VoLTE业务时,若处于双连接状态,上行功率减半。因此很多厂家在用户打VoLTE电话时,自动断开5G小区连接。这种情况,不属于覆盖导致的用户业务态不在5G网络,因此,在上述指标统计时,需剔除VoLTE业务产生的连接时长。

### 2.1.2 用户感知情况

考虑NSA网络下,主要业务为eMBB业务,用户感知仍以下行速率为导向。本文使用5G网络下行单用户感知速率评价用户感知情况。

$$\text{5G网络下行单用户感知速率} = \frac{\sum_{i,j} (Thr_{i,j} - Thr_{i,j}^{\text{last slot}})}{\sum_{i,j} (T_{i,j} - T_{i,j}^{\text{last slot}})}$$

式中：

$Thr_{i,j}$ ——第*i*个5G小区发送给第*j*个用户的下行用户面RLC层流量

$Thr_{i,j}^{\text{last slot}}$ ——第*i*个5G小区发送给第*j*个用户下行传输最后一个slot中数据量

$T_{i,j}$ ——第*i*个5G小区发送给第*j*个用户的下行RLC层数据传输时间

$Thr_{i,j}^{\text{last slot}}$ ——第*i*个5G小区发送给第*j*个用户每次下行传输最后一个slot时间的累计值

与4G网络不同,NSA网络下用户面数据在PDCP进行split,因此在进行流量计算时,多使用RLC层作为评价依据。另,该指标值得关注的点在于: $Thr_{i,j}^{\text{last slot}}$ 不仅包含尾包slot的时长,还应包含初次传输即传完的数据包的slot时长。

### 2.1.3 投资利用情况

4G网络采用下行PRB利用率评估网络的使用情况,但对于5G网络,除了时域和频域资源,还有空域资源。目前,厂家下行支持空分16流或24流,上行支持空分8流或12流,如果再单纯采用PRB利用率评估网络的使用情况,会有失偏颇。因此,本文使用下行无线资源利用率评估5G网络的使用情况。

$$\text{下行无线资源利用率} = \frac{\sum_{i,j} \text{PRB}_{i,j}^{\text{占用}}}{\sum_i (\text{PRB}_i^{\text{可用}} \times \text{Layer}_i)}$$

式中：

$\text{PRB}_{i,j}^{\text{占用}}$ ——第*i*个小区在第*j*层占用的PRB个数

$\text{PRB}_i^{\text{可用}}$ ——第*i*个小区每层可用的PRB个数

$\text{Layer}_i$ ——第*i*个小区配置的层数

### 2.1.4 示例

现以3个本地网数据说明一级KPI指标的应用,如表1所示。

表1 一级KPI指标的应用示例

本地网	5G使用网络时长占比/%	5G网络下行单用户感知速率/(Mbit/s)	下行无线资源利用率/%
A	21	525	14
B	86	519	20
C	89	367	45

A本地网5G网络使用率低,下行无线资源利用率低,下行单用户感知速率较高,总体说明A本地网处于网络建设初期,很多区域暂无5G覆盖,且A本地网用户相对较少、业务量也较少。因此A本地网应继续加强网络建设,确保5G覆盖。

B本地网5G网络使用率高,下行无线资源利用率低,下行单用户感知速率较高,总体说明B本地网网络建设相对完善,大部分区域已有5G覆盖,且B本地网目前用户也处于起步阶段,因此下行无线资源利用率低但用户感知速率高。B本地网应加强用户扩展,吸

引更多的用户使用5G网络。

C本地网5G网络使用率高,下行无线资源利用率高,下行单用户感知速率较低,总体说明C本地网网络建设已经完善,且用户数较多,业务量较大,因此下行无线资源利用率已经处于较高水平,另外,由于资源已经受限,下行单用户感知速率较低。应及时扩容C本地网部分区域以保证用户感知。

## 2.2 二级KPI评价指标

二级KPI指标用于综合评价网络的整体性能,包含网络健康度、接入性、保持性、移动性、网络覆盖与干扰、网络负荷、网络空口性能与网络感知等八大维度,每一维度用1~2个指标进行综合表征。二级KPI评价指标如图4所示。

### 2.2.1 网络健康度



图4 二级KPI评价指标

网络健康度用小区可用性指标进行评估,具体指标定义如下:

指标定义:统计时段内,5G小区在服时长与统计时长的比值。其中,节能时长按照在服时长统计。

网络健康度 = 小区可用性。

### 2.2.2 网络接入性

网络接入性用5G NSA添加成功率指标进行评估,具体指标定义如下:

指标定义:统计时段内,4G锚点小区辅站(SgNB)添加成功次数与辅站(SgNB)添加请求次数之比。

网络接入性 = 5G NSA添加成功率。

### 2.2.3 网络保持性

网络保持性使用辅站(SgNB)异常释放率和覆盖原因触发的SgNB释放比率2个指标进行评估,具体指标定义如下:

辅站(SgNB)异常释放率指标定义:统计时段内,SgNB异常释放次数与请求SgNB释放次数之比。

覆盖原因触发的SgNB释放比率指标定义:统计时段内,统计5G覆盖原因触发的SgNB正常释放次数与请求SgNB释放次数之比。

网络保持性 = 辅站(SgNB)异常释放率 + 覆盖原因触发的SgNB释放比率。

### 2.2.4 网络移动性

网络移动性使用SgNB变更成功率指标进行评

估,具体指标定义如下:

指标定义:统计时段内,辅站(SgNB)变更成功次数与辅站(SgNB)变更请求次数之比,包括站内修改和站间变更。

网络移动性 = SgNB变更成功率。

### 2.2.5 网络覆盖与干扰

网络覆盖与干扰使用CQI优良率和上行每PRB干扰平均噪声2个指标进行评估,具体指标定义如下:

CQI优良率指标定义:统计时段内,gNB小区内UE上报的“4-bit CQI Table表下UE上报的CQI”大于等于10的次数与“4-bit CQI Table 2表下UE上报的CQI”大于等于7的次数数量之和在整个CQI上报数量中的比例。

上行每PRB干扰平均噪声指标定义:统计时段内,gNB小区上行每PRB带宽内检测到的噪声干扰强度平均值。

网络覆盖与干扰 = CQI优良率 $\times\alpha_1$  + 上行每PRB干扰平均噪声 $\times(1-\alpha_1)$ 。

其中, $\alpha_1$ 为权重。

### 2.2.6 网络负荷

网络负荷使用下行无线资源率指标进行评估,具体可参照2.1.3小结。

网络负荷 = 下行无线资源利用率。

### 2.2.7 网络空口性能

网络空口性能使用下行平均RANK和下行MCS优良率2个指标进行评估,具体指标定义如下:

下行平均RANK指标定义:统计时段内,gNB小区下行传输使用的RANK平均值。

下行MCS优良率指标定义:统计时段内,gNB小区MCS Index Table1 for PDSCH表中MCS大于等于17的RB个数与MCS Index Table2for PDSCH表中MCS大于等于11的RB个数之和与小区下行PRB占用总数比例。

网络空口性能=(下行平均RANK/下行最大RANK) $\times\alpha_2$ +下行MCS优良率 $\times(1-\alpha_2)$ 。

其中, $\alpha_2$ 为权重。

### 2.2.8 网络感知

网络感知使用5G网络下行单用户感知速率指标进行评估,具体可参照2.1.2小结。

网络感知=5G网络下行单用户感知速率/目标感知速率。

### 2.2.9 网络综合性能评价

根据上述八维度的网络性能,可计算得出网络的综合性能,计算公式如下:

网络综合性能=网络健康度 $\times\beta_1$ +网络接入性 $\times\beta_2$ +网络保持性 $\times\beta_3$ +网络移动性 $\times\beta_4$ +网络覆盖与干扰 $\times\beta_5$ +网络负荷 $\times\beta_6$ +网络空口性能 $\times\beta_7$ +网络感知 $\times\beta_8$ 。

其中, $\beta_i$ 为权重且 $\sum_i\beta_i=1$ 。

## 2.3 三级KPI评价指标

三级KPI评价指标一方面可以用于小区问题的具体定位,从而指导网络优化;另一方面可以根据5G终端的行为轨迹,筛选出价值区域,从而指导网络的精准建设。

### 2.3.1 小区问题定位

三级KPI评价指标体系用于定位具体小区问题,区分NSA-eNB无线网络指标和NSA-gNB无线网络指标。NSA-eNB无线网络指标包含网络基本信息、网络接入性、网络保持性和网络负荷等四大维度。NSA-gNB无线网络指标包含网络基本信息、网络健康度、网络能耗、接入性、保持性、移动性、网络覆盖与干扰、网络空口性能、网络负荷、网络感知和波束级统计等十一大维度,每一维度又细分KPI指标来表征具体的网络性能。三级KPI评价指标如图5所示。

具体的KPI指标应随时跟踪监测,如有个别指标恶化,需要筛查是全网普遍现象还是个别小区出现。

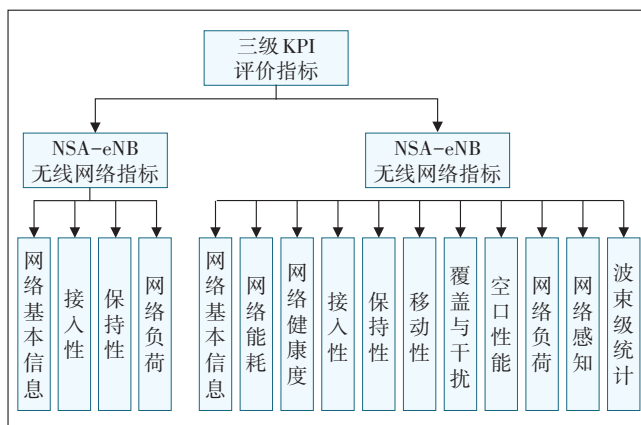


图5 三级KPI评价指标

另外指标之间需要联动分析,从而定位具体问题。

### 2.3.2 指导网络建设

5G NSA网络初期,网络建设一定是有序稳步进行的,建设前期主要在重点城市与区域,之后逐步向全国各城市、各区域铺开。如何精准定位价值区域,是需要我们思考的问题。

本文通过4G小区NSA终端平均RRC连接数和4G小区NSA终端RLC下行业务流量2个指标来定位价值区域,即若某4G小区非锚点小区,周边也无5G小区,但该小区的NSA终端平均RRC连接数较多或NSA终端RLC下行业务流量较多,则说明该小区活动的NSA终端或5G业务较多,该小区为价值小区,附近应新建5G小区。

## 3 业务指标评价体系

随着用户对于业务需求的愈发精细化,网络除使用默认承载建立业务外,还基于部分业务建立专有承载以保证用户感知,具体业务类型、业务需求和网络策略如表2所示。

表2 网络承载业务策略

业务类型	业务需求	网络策略
VoLTE语音	业务等级高	QCI=1承载语音 QCI=2承载可视通话视频
互动手游类	时延敏感	通过QCI=3 GBR专承载,保证时延
视频直播类	时延抖动敏感、上行带宽需求高	通过QCI=4 GBR专承载,保证上/下行速率
普通数据业务	丢包敏感	通过Non-GBR承载,现网一般走QCI=9的默认承载

可见,不同的业务对于网络的需求不同,如果再用单一的体系评价网络,无法实现网络的精细优化和精准建设。本文根据不同业务需求制定不同的业务

指标评价方法。

### 3.1 区分承载统计指标

不同需求的业务,在网络中是通过不同承载实现的。因此,不同业务评价体系实现的一个大前提就是网络区分承载统计相关指标。在NSA网络中,由于复用4G核心网,不同承载即对应不同的QCI,需首先推动实现网络区分QCI进行指标统计。

### 3.2 业务重点关注指标

#### 3.2.1 VoLTE业务重点关注指标

VoLTE语音业务属于高等级业务,需优先保障该业务的顺利接通,因此应重点关注建立成功率指标。

QCI1建立成功率指标定义:统计时间段内,QCI=1对应E-RAB建立成功次数与QCI=1对应E-RAB建立请求次数之比。

#### 3.2.2 互动手游类业务重点关注指标

互动手游类业务属于时延敏感业务,因此应重点关注时延指标。

RLC层空口下行包平均时延指标定义:统计时段内,gNB小区下行成功发送的数据包的RLC/MAC及空口平均时延,不含被gNB小区丢掉或弃掉的数据包。互动手游类业务该指标针对QCI=3承载统计。

#### 3.2.3 视频直播类业务重点关注指标

视频直播类业务包含UDP业务和TCP业务。对于UDP类视频直播,应重点关注丢包率和速率指标;对于TCP类视频直播,应重点关注速率指标。

下行PDCP层用户面弃包率指标定义:统计时段内,下行PDCP用户面弃包数与下行PDCP层用户面总数之比。其中,弃包指由于拥塞、流量等因素,包的部分或全部数据没有在空口中传输,只考虑用户面数据。

上行PDCP层用户面丢包率指标定义:统计时段内,上行PDCP层用户面丢包数与上行PDCP层用户面总数之比。其中,弃包指由于拥塞、流量等因素,包的部分或全部数据没有在空口中传输,只考虑用户面数据。

5G网络上/下行单用户感知速率定义参照本文

#### 3.1.2 小结。

视频直播类业务指标针对QCI=4承载统计。

## 4 结束语

本文基于5G NSA网络评价指标体系开展深入研究,一方面以结果为导向,构建三级KPI指标评价体

系,不同等级的KPI指标面向不同的展示对象,多维度全方位展示网络性能水平;另一方面以实际应用出发,构建业务指标评价体系,从而有效评估不同业务场景下无线网络的实际情况。本文构建的网络评价指标体系既可以满足5G网络运营维护工作的需要,为5G设备网管等系统开发提供参照;又可以有效指导全国省分优化工作,提升5G整体网络质量;同时通过价值区域定位,有效指导网络的精准建设。

### 参考文献:

- [1] 沈嘉,索士强. 3GPP长期演进(LTE)技术原理与系统涉及[M]. 北京:人民邮电出版社,2008,15(22):77-82.
- [2] 黄昭文. 5G网络的端到端客户感知评估方法[J]. 移动通信,2017(1).
- [3] 王海军,王光全,郑波,等. 5G网络架构及其对承载网的影响[J]. 移动通信,2018(1):33-38.
- [4] 印顺. 5G网络发展趋势与关键技术[J]. 中国新通信,2017(11).
- [5] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and NR. Multi-connectivity: 3GPP TS 37.340[S/OL].[2020-04-08]. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3198>.
- [6] NR. Radio Link Control (RLC) protocol specification: 3GPP TS 38.322[S/OL].[2020-04-08]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>.
- [7] NR. Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification: 3GPP TS 38.323[S/OL].[2020-04-08]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>.
- [8] 李一,杨雨苍,李菲,等. 基于用户感知的FDDLTE网络扩容方法研究[J]. 邮电设计技术,2018(3):54-58.
- [9] 范星宇,杨雨苍,李一,等. 基于覆盖效能分析的LTE无线规划0侧支撑方法[J]. 邮电设计技术,2018(1):65-71.
- [10] NR. Physical layer procedures for data: 3GPP TS 38.214[S/OL].[2020-04-08]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>.
- [11] Management and orchestration. 5G performance measurements: 3GPP TS 28.552[S/OL].[2020-04-08]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/28-series.htm>.
- [12] NR. Radio Resource Control (RRC) protocol specification: 3GPP TS 38.331[S/OL].[2020-04-08]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/28-series.htm>.

### 作者简介:

李一,毕业于北京邮电大学,工程师,硕士,主要从事无线网络规划、优化工作;许国平,毕业于北京邮电大学,高级工程师,博士,主要从事网络优化工作;刘光海,毕业于西安电子科技大学,高级工程师,硕士,主要从事无线网络规划、优化工作;李菲,毕业于上海交通大学,高级工程师,硕士,主要从事网络共建共享相关工作。