

# 连接模式下5G NTN 移动性策略分析

## Analysis of 5G NTN Mobility Strategies in Connected Mode

芮杰<sup>1</sup>,何华伟<sup>1</sup>,张建国<sup>2</sup>,王森<sup>3</sup>(1. 中国电信股份有限公司杭州分公司,浙江 杭州 310000;2. 华信咨询设计研究院有限公司,浙江 杭州 310052;3. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Rui Jie<sup>1</sup>,He Huawei<sup>1</sup>,Zhang Jianguo<sup>2</sup>,Wang Sen<sup>3</sup>(1. China Telecom Co.,Ltd. Hangzhou Branch, Hangzhou 310000, China;2. Huaxin Consulting Co., Ltd., Hangzhou 310052, China; 3. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

### 摘要:

研究了5G NTN在连接模式下的移动性策略,包括基于位置触发的切换(D1事件)、基于时间触发的切换(T1事件)、UE上报粗略位置信息、D1事件和T1事件的选择、目标小区的选择、大量UE几乎同时切换引起的信令风暴。最后分析了NTN-TN间的移动性策略,对于NTN向TN的切换,建议采取基于信号强度和位置联合触发的切换策略;对于TN向NTN的切换,建议采取基于信号强度触发的切换策略。

### 关键词:

5G NTN;连接模式;切换;事件

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.11.005

文章编号:1007-3043(2023)11-0023-05

中图分类号:TN927

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

It studies the 5G NTN mobility strategies in connected mode, including on location triggering (D1 event) based hand-over and time triggering (T1 event) based hand-over, UE coarse location report, how to select D1 event and T1 event, how to select the target cell, signaling storm caused by a large number of UE handover almost at the same time. Finally, it analyzes mobility strategies between NTN and TN in connected mode, suggests that hand-over based signal strength and location triggering is used for NTN to TN, and hand-over based signal strength triggering is used for TN to NTN.

### Keywords:

5G NTN; Connected mode; Hand-over; Event

**引用格式:**芮杰,何华伟,张建国,等. 连接模式下5G NTN移动性策略分析[J]. 邮电设计技术,2023(11):23-27.

## 0 引言

除了传统的地面蜂窝移动通信外,3GPP在Rel-17版本中将卫星通信网作为地面5G蜂窝移动通信网的重要补充,简称为非地面网络(Non-Terrestrial Networks, NTN)。

NTN由地面网关(含gNB)、卫星、UE三大部分组成,卫星包括低轨道(Low Earth Orbit, LEO)卫星、中轨道(Middle Earth Orbit, MEO)卫星、地球静止轨道

(Geostationary Earth Orbit, GEO)卫星<sup>[1]</sup>。

卫星视野范围内由多个波束(小区)组成,波束覆盖区是典型的椭圆形,可以产生固定波束或可调整波束,因此在地面上产生移动的或固定的波束覆盖区,波束分为3种类型。

a) 地面固定波束。在所有的时间内,同一个地理区域由固定的波束持续地覆盖,例如GEO卫星产生的波束。

b) 准地面固定波束。在某个有限的周期内,某个地理区域由一个波束覆盖,在其他周期内,该区域由其他波束覆盖,例如非GEO卫星产生的可调整波束。

收稿日期:2023-10-10

c) 地面移动波束。波束的覆盖区域沿着地面移动,例如非 GEO 卫星产生的固定的或不可调整的波束<sup>[2]</sup>。

NTN 具有高传播时延、更大的小区半径、快速移动的小区等特点,给 5G NTN 的移动性管理带来了新的挑战,本文重点分析连接模式下的移动性策略<sup>[3]</sup>。

## 1 NTN 移动性场景

非地面网络(NTN)和地面网络(Terrestrial Networks, TN)联合部署的移动性场景如图 1 所示。NTN 和 TN 为所有终端提供服务,终端类型包括静止的 UE、步行移动的 UE、机器类型的 UE 以及静止的中继 UE、在交通工具上(汽车、高铁、轮船、飞机)的中继 UE,其中 TN 和 NTN(LEO)提供中到高速的吞吐量,NTN(GEO)提供低到中速的吞吐量。为了保证用户有良好的体验,需要确保 NTN 内以及 NTN 和 TN 之间的无缝连接和服务<sup>[4]</sup>。

5G 引入 NTN 后,有 3 种类型的切换,分别是卫星内的切换(即服务小区和目标小区由同一个卫星提供服务)、卫星间的切换(即服务小区和目标小区由不同的卫星提供服务)、NTN 和 TN 之间的切换(即服务小区和目标小区由不同接入方式(NTN 和 TN)提供服

务)。卫星内的切换和卫星间的切换称为 NTN 内切换,NTN 小区和 TN 小区之间的切换称为 NTN-TN 切换。

如果 NTN 和 TN 使用相同的频率,由于 NTN 小区具有大的小区半径、低的 SINR,而 TN 小区具有小的小区半径、高的 SINR,NTN 小区和 TN 小区之间不可避免的产生较大的干扰。为了避免干扰,在网络部署的时候,需考虑 NTN 和 TN 运行在不同的频段上或者同一个频段的的不同频率。

## 2 NTN 内的移动性策略

在连接模式下,5G NTN 的移动性管理与 2G、3G 和 4G 网络一样,也是网络为 UE 下发测量配置和报告配置,UE 完成测量后上报测量报告,由网络根据测量报告来决定是否进行切换,上报的形式有周期性触发和基于事件触发<sup>[5]</sup>。

对于 TN,采用基于信号强度触发的切换策略,3GPP 定义了 5 个同系统测量事件,即 A1~A5 事件。

- A1 事件:服务小区高于一定门限。
- A2 事件:服务小区低于一定门限。
- A3 事件:邻小区高于主服务小区的偏滞。
- A4 事件:邻小区高于一定门限。

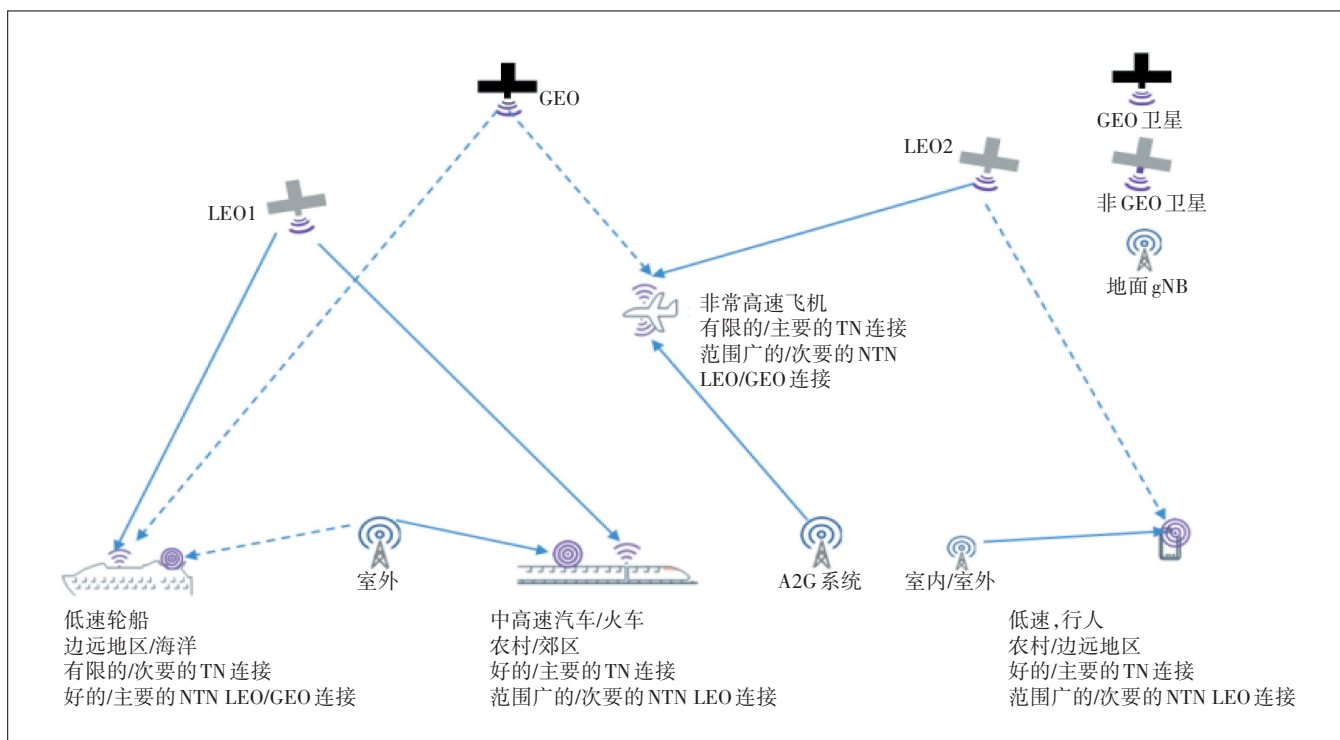


图 1 NTN 和 TN 联合部署的移动性场景

A5事件:服务小区低于某一门限值1,且邻小区高于某一门限值2。

对于A1~A5事件,测量目标是同步信号块(Synchronization Signal Block,SSB)或者信道状态信息参考信号(Channel State Information-Reference Signal,CSI-RS)的RSRP、RSRQ、SINR。对于TN,UE可以测量SSB或者CSI-RS;对于NTN,UE只测量SSB,通常只测量RSRP。

基于信号强度触发的切换策略非常适合TN小区,这是因为当UE远离TN小区中心时,信号强度会急剧下降,UE通过信号强度很容易区分出是位于小区的中心还是小区的边缘。由于卫星的轨道非常高,来自卫星的信号几乎是垂直到达地面,导致NTN小区中心的信号强度和NTN小区边缘的信号强度只有很小的差异,也即对于NTN小区,没有明显的远近效应,见表1<sup>[6]</sup>。

表1 卫星信号的传播特征

卫星类型	卫星高度/km	小区半径/km	UE距离卫星的距离/km		自由空间的损耗差异/dB
			小区中心	小区边缘	
LEO卫星	600	50	600	602.08	0.030 1
LEO卫星	1 200	100	1 200	1 204.16	0.030 1
MEO卫星	21 500	500	21 500	21 505.81	0.002 3
GEO卫星	35 786	1 000	35 786	35 799.97	0.003 4

为了解决基于信号强度触发的切换的局限性问题,对于NTN,引入了基于位置触发的切换和基于时间触发的切换,即分别定义了D1事件和T1事件。

### 2.1 D1事件和T1事件

D1事件:UE与服务小区参考位置的距离大于门限值1,UE与邻小区参考位置的距离小于门限值2,D1事件与A5事件类似,只是测量对象为距离,参考位置定义为小区的中心,以椭圆点模型(经度和纬度)来表示。

T1事件:UE在高于UTC(Universal Time Coordinated)但是低于UTC+duration内测量。其中UTC以原子时秒为基础,在时刻上与世界时的误差不超过0.9 ms;duration是持续时间,取值是1~6 000的整数,单位为100 ms,即最大持续时间是600 s。

为了降低UE功耗和改善用户体验,一般将T1事件与A3事件、A4事件或A5事件(以下称为A事件)结合起来配置。UE将接收到的UTC、持续时间duration和A事件作为条件,UE仅在UTC之后才开始测量,如

果满足A事件,则UE向网络报告A事件,网络下发候选小区的配置信息给UE,UE完成面向目标小区的切换。在UTC之前,即使满足A事件,也不会触发测量和切换。在UTC+duration之后,如果UE没有成功接入目标小区,由于UE不可能再进行切换,UE和网络丢弃目标小区的切换配置,这样做的好处是可以避免目标小区为UE长时间预留资源<sup>[7]</sup>。同理,网络将D1事件与A事件结合起来配置,只有当D1事件满足后,UE才开始评估A事件。

NTN引入D1事件和T1事件后,还需要解决以下问题:UE如何上报位置信息;网络为UE配置D1事件还是T1事件;当多个候选小区满足切换条件时,如何选择目标小区;信令风暴。

### 2.2 UE粗略位置信息

3GPP Rel-17规定,NTN UE需要具有全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)能力,因此UE清楚自身的位置信息,UE上报位置信息可以更好地辅助网络进行移动性管理,例如,判断UE是在小区边缘还是小区中心、计算T1事件的duration、辅助选择目标小区等。UE既可以按照网络请求,被动地上报UE的位置信息,也可以在上报测量报告时,主动携带UE的位置信息。根据3GPP协议,UE以椭圆点模型的形式上报位置信息,椭圆点模型是把地球当做椭圆的球体,用经度和纬度二维向量来指示位置信息<sup>[8]</sup>。为了进一步减少信令负荷,UE上报的位置信息精度只需要达到2 km即可,因此称为粗略位置信息<sup>[9]</sup>。

### 2.3 D1事件和T1事件的选择

对于地面固定波束,由于在所有的时间内,同一个地理区域都是由固定的波束持续覆盖,建议为UE配置D1事件。

对于移动波束,由于小区的中心位置是随时间变化的,UE难以评估与小区中心的距离,建议为UE配置T1事件。

对于准地面固定波束,视情况配置D1事件和T1事件。图2所示为准地面固定波束的示意。卫星1的3个小区是A、B、C,卫星2的3个小区是A2、B2、C2,卫星3的3个小区是D、E、F。当覆盖小区A的卫星1离开覆盖区A时,小区A2将进入原来由小区A覆盖的区域,小区B是小区A的邻区,小区B2将进入原来由小区B覆盖的区域<sup>[10]</sup>。一种策略是根据切换原因选择D1事件和T1事件,对于卫星运动引起的切换,建议配置T1事件,例如位于A小区中心位置的UE1;对于UE

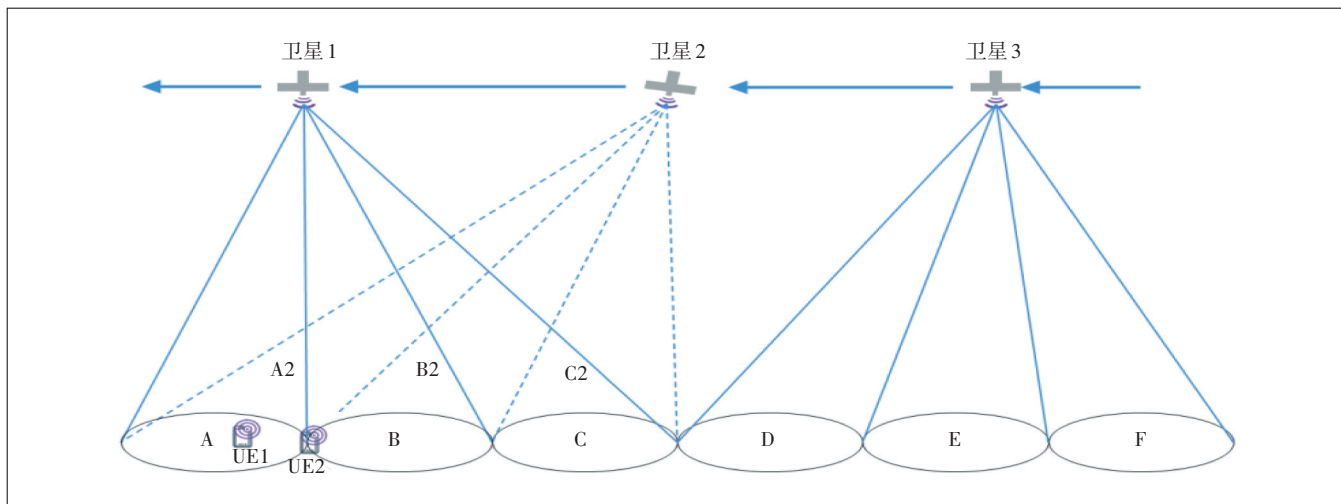


图2 准地面固定波束的示意

运动引起的切换,建议配置D1事件或者D1事件+T1事件,例如位于A小区边缘的UE2。另一种策略是根据选择的目标小区,例如,对于UE2,如果选择的目标小区是A2,则建议配置T1事件;如果选择的目标小区是B,则建议配置D1事件。

#### 2.4 目标小区的选择

如果多个候选小区同时满足切换执行条件,建议选择具有最长保持服务时间的小区。还以图2为例来分析,在图2中,UE2正由卫星1的A小区提供服务,经过UE评估,发现卫星1的B小区和卫星2的B2小区同时满足切换执行条件。选择B小区的优点是卫星1的高度低,可以减少UE的功耗,缺点是B小区的服务时间短,这将使UE在短时间后执行另一起切换,进而导致不必要的信令负荷和可能的服务中断。选择B2小区的优点是服务时间长,缺点是卫星2的高度较高。考虑到在NTN小区内有许多UE,为了减轻信令负荷和不必要的服务中断,建议UE选择B2小区作为目标小区。选择B2小区的另外一个好处是可以避免卫星1调整B小区波束覆盖范围时引起的切换失败<sup>[11]</sup>。

#### 2.5 信令风暴

对于准地面固定波束和移动波束,卫星高速运动使得波束覆盖某个区域的时间很短,导致UE频繁的切换,且卫星具有很大的覆盖范围,如果大量的UE几乎在同一时间接入到同一个小区,有可能导致信令风暴和接入资源短缺,进而导致切换困难和服务中断。可能的解决方案是UE在服务小区配置的时间范围内随机选择一个时间接入到目标小区,或者根据UE标识和网络提供的参数,完成一个模数运算,以得到UE

接入到目标小区的特定时刻。对于短时间内大量UE产生的频繁切换,如果一些信令和消息对所有的UE都是相同的,可以通过系统消息广播给UE。除此之外,源gNB可以将UE的信息,如UE上下文、协议信息和定时器、UE位置信息等,直接提前传递给目的gNB,以进一步减少UE和网络之间的信令负荷<sup>[12]</sup>。

### 3 NTN-TN间的移动性策略

NTN和TN之间的移动性管理包括NTN向TN的切换和TN向NTN的切换。接下来,以轮船的进出港为例来分析NTN和TN间的切换策略(见图3)。当轮船从海上向港口移动时,先后经过NTN小区1、NTN小区2的覆盖区域后进入TN小区的覆盖区域;当轮船离开港口后,先后经历TN小区、NTN小区2、NTN小区1的覆盖区域<sup>[13]</sup>。

#### 3.1 NTN向TN的切换策略

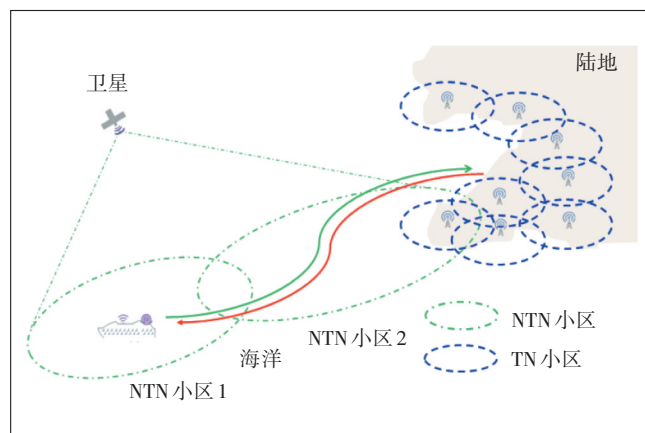


图3 NTN-TN之间的移动性

NTN向TN的切换可以采取2种策略。分别是基于信号强度触发的切换策略以及基于位置和信号强度联合触发的切换策略。

a) 基于信号强度触发的切换策略。例如为轮船上的UE配置A3事件,只要UE进入NTN小区2的覆盖范围,UE就开始搜索TN小区,当UE向海岸靠近并进入TN小区覆盖范围后,UE向网络报告A3事件。这种方案会导致被调度用户吞吐量急剧下降,这是因为NTN和TN通常工作在2个异频点上,需要配置测量间隙来完成测量,由于NTN传播时延大、定时变化率大(对于LEO卫星和MEO卫星),UE离开NTN小区,在TN小区完成测量,再返回NTN小区后,需要重新进行同步和定时调整,这将导致调度的低效率,因此不建议采用这种切换策略。

b) 基于信号强度和位置联合触发的切换策略。当轮船上的UE由NTN小区1提供服务时,由于网络知道NTN小区1与TN小区的覆盖区域没有重叠,因此UE不需要搜索TN小区使用的频率。当UE向港口移动时,服务小区由NTN小区1变更为NTN小区2,由于NTN小区2与TN小区覆盖区域有重叠,网络为UE配置TN小区使用的频率,UE先检测自身位置,当UE的位置超过某个门限后,触发UE上报D1事件,为了响应该报告,网络为UE配置一个测量间隙以便UE测量TN小区使用的频率,网络接收到A3事件报告后,将发起从NTN小区2到TN小区的切换。该策略的好处是避免了UE持续测量TN小区导致的服务中断,为了改善连接模式下UE的性能,UE应该尽快从NTN小区切换到TN小区。

### 3.2 TN向NTN的切换策略

对于TN向NTN的切换,可以采用基于信号和位置联合触发的切换策略,类似于NTN向TN的切换。该策略的缺点是UE上报的位置精度信息只有2 km,网络无法判断UE是靠近NTN小区还是TN小区。

TN向NTN的切换建议采用基于信号强度触发的切换策略,例如为UE配置A2事件和A3事件。当UE进入TN小区的覆盖边缘时,网络为UE配置A2事件,UE通过测量服务小区的信号强度,可以很容易判断UE位于小区的边缘,触发UE上报A2事件,为了响应该事件,网络为UE配置A3事件,网络接收到A3事件报告后,将发起从TN小区到NTN小区2的切换。该策略的好处是不管TN小区的邻小区是TN小区还是NTN小区,都可以实现统一的切换策略。

## 4 结束语

与传统的地面5G蜂窝移动通信网相比,5G NTN具有传播时延高、小区半径大、小区快速移动等特点,对5G NTN的移动性管理带了极大的挑战,本文分析了连接模式下的移动性策略,包括基于位置触发的切换和基于时间触发的切换、TNT与TN之间的切换,这些策略可以确保5G NTN和TN之间的无缝连接,为用户提供无处不在的通信服务,极大地扩展5G网络的应用范围。

### 参考文献:

- [1] 3GPP. Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks: 3GPP TR 38.811 [S/OL]. [2023-09-13]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [2] 3GPP. NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2; 3GPP TS 38.300[S/OL]. [2023-09-13]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [3] 缪德山,柴丽,孙建成,等. 5G NTN关键技术与演进展望[J]. 电信科学,2022(3):10-21.
- [4] 3GPP. Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN): 3GPP TR 38.821[S/OL]. [2023-09-13]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [5] 3GPP. NR; Radio Resource Control (RRC) protocol specification: 3GPP TS 38.331[S/OL]. [2023-09-13]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [6] Mobility enhancement for NTN(R2-2008982)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).
- [7] Remaining issues on connected mode mobility for NTN(R2-2109977)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).
- [8] LTE Positioning Protocol (LPP): 3GPP TS 37.355[S/OL]. [2023-09-13]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [9] UE location report and TAC in NTN(R2-2110467)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).
- [10] Further discussion on NTN mobility aspec(R2-2109555)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).
- [11] Remaining issues in NTN CHO(R2-2110229)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).
- [12] Further discussion on intra-NTN mobility(R2-2110266)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).
- [13] Mobility for NTN-TN scenarios(R2-2109635)[EB/OL]. [2023-09-13]. [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/](ftp://3gpp.org/tsg_ran/).

#### 作者简介:

芮杰,高级工程师,主要从事5G+工业、5G+医疗、5G+教育等产业数字化转型升级解决方案支撑等工作;何华伟,高级工程师,主要从事物联网、5G行业解决方案支撑等工作;张建国,毕业于南京邮电学院,正高级工程师,硕士,主要从事无线网络的规划和设计工作;王森,高级工程师,注册咨询师,硕士,主要从事运营商移动通信网络规划建设和解决方案课题研究工作。