



专栏：5G 架构与部署

基于冬奥会高话务需求下山地区域 通信基站规划方案

蒋素霞¹, 周熙², 黄星辉³

(1. 中国铁塔股份有限公司河北省分公司, 河北 石家庄 050021;

2. 中国信息通信研究院, 北京 100191;

3. 广州杰赛通信规划设计院有限公司, 广东 广州 510310)

摘要: 山地区域基站规划和建设, 尤其是高话务需求场景下, 是通信工程中的难点。以北京 2022 年冬奥会和冬残奥会张家口崇礼赛区公众移动通信网络规划为例, 针对崇礼赛区所处的山区特有的地形地貌, 在满足赛事高密度人群、瞬间大话务量需求下, 通过对需求问题的深入研究, 提出一套行之有效的研究方法, 统筹开展 2G、4G、5G 基站规划, 规划一张高速、移动、安全、泛在的冬奥移动通信服务网络, 为实施山地 5G 高话务量移动通信网络规划提供有益的参考。

关键词: 冬奥会; 5G; 高话务; 规划

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020280

Regional communication base station planning scheme based on high traffic demand of Winter Olympic Games

JIANG Suxia¹, ZHOU Xi², HUANG Xinghui³

1. Hebei Branch of China Tower Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China

2. China Academy of Information and Communication Technology, Beijing 100191, China

3. Guangzhou GCI Plan & Design Institute of Communication Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510310, China

Abstract: Mountain area base station planning and construction, especially in high traffic demand scenarios, always has been a challenge in communication engineering. Taking the public mobile communication network planning of Beijing 2022 Winter Olympic Games and Winter Paralympics Chongli Zhangjiakou Competition area as an example, where the terrain is mostly mountainous and the scenario is characterized of high density crowds and instantly increasing demand of telephone traffic, an effective method of 2G/4G/5G base-station planning was proposed, aiming at a high-speed, safe and widespread mobile communication service network for the Winter Olympics. A references was provided for the implementation of the 5G high telephone traffic mobile communication network planning in the mountain area.

Key words: Winter Olympic Game, 5G, high traffic, planning

1 引言

我国地域辽阔、地形地貌多样复杂,随着移动通信网络的深度覆盖、应用的广泛普及,特别是当前全国范围内正在全力推动 5G 网络规模建设,在不同区域实施科学合理的基站规划成为关键。另外,在逐渐解决了城市、平原地区的基站建设以后,广大农村地区的基站建设成为重点和难点,特别是随着脱贫攻坚步伐的加快,广大农村地区、偏远山区的网络扶贫成为农村经济发展的新引擎。所以,如何有效规划山地区域的基站,尤其是 5G 高话务量需求条件下的基站规划成为研究的前沿。2022 年北京冬奥会和冬残奥会涉及张家口崇礼赛区(以下简称“崇礼赛区”)基站规划布局,如何实施对于狭小空间、高密度人群、高强度话务量的移动网络规划,成为冬奥会通信保障的难点。本文针对山地 5G 大话务量需求,立足崇礼赛区这一特殊的山地空间区域,研究如何统筹汇聚中国电信、中国联通、中国移动三大基础电信企业移动网络规划,集中开展 2G、4G、5G 基站建设规划,满足大容量业务需求,为冬奥会通信保障奠定安全、可靠、高速的移动网络。

2 崇礼赛区移动网络规划面临的问题

根据相关资料显示,崇礼赛区主要包括云顶场馆群、古杨树场馆群、非竞赛场馆(奥运村、媒体中心等)以及赛区内道路和公共区域,累计面积 14.62 km²,赛时高峰时段人群超 10 万人。赛区独特的空间特征和赛时大量人群的聚集和流动,对移动通信服务的需求特殊、海量和不确定性,所以移动网络的规划特别是 5G 网络的规划带了许多难题。

2.1 移动基站空间布局难

崇礼赛区属于山地,是张家口坝上坝下的过渡性山区,一是地形地貌复杂,空间狭小且分布

不均匀、不规则,还有严酷的冰雪环境,能够布局基站的位置非常有限。二是即使有空旷地带,比如赛场、赛道,比较适合理论上的选址建站,但是因为高山滑雪的特殊要求,赛场不允许设立铁塔等建筑物。三是考虑崇礼赛区空间的美化和比赛实况转播的要求,许多位置又不允许设立基站。所以,整个赛区山地空间能够适合规划基站的位置数量就很少,规划能够足以保障赛事无线需求的难度非常大。

2.2 赛事移动业务需求量大

除了崇礼赛区常规高密度人群的移动话务量需求,赛时瞬间的高话务需求将是移动通信保障的焦点。据权威部门发布显示,崇礼赛区赛时峰值日观众 7 万人,运动员 0.3 万人,赛事工作人员 2 万人,还有常住人口 1.5 万人,总计峰值人口约 10.8 万人。

2022 年北京冬奥会举办期间,新一代通信技术生态链将基本形成,其丰富的技术应用将为北京冬奥会的赛会组织、赛事呈现和赛场服务带来强大助力,但同时也对通信需求带来巨大的挑战。

根据 GSMA 预测,中国 2020 年年底无线宽带用户渗透率约为 86%,预计 2022 年用户渗透率超过 100%。此外,根据赛区期间用户话务模型预测,视频绘画、高清点播、360° VR 等高流量业务占比为主导,且赛事期间的高用户并发率及流动性,使得需求的不确定性很高,这对狭小区域山地赛区下基站布局,带来很大的挑战。

2.3 全业务无线网络覆盖

在崇礼赛区基站布局中,需综合考虑中国电信、中国联通、中国移动和广电等多家公司多张移动网络,同时承载 2G、4G、5G、NB-IoT、eMTC 等多重业务,尤其是赛期国际漫游用户占比较高,面对国际不同制式不同频段的网络支持,是网络规划建设需要重点考虑的因素,也是网络规划的难点之一。



3 规划方案中应用的主要方法

山地空间、设施布局、应用预测等虽然可以进行合理的优化和精准分析，但是保障像冬奥会这样的国际赛事，应该尽可能采取更多的措施储备。针对面临的挑战和难点，主要通过以下方法解决。

3.1 全域广度覆盖主要方法

赛区山地空间纵向横向分布不规则，实现全域全覆盖是保证赛事高质量移动通信服务的基本要求。规划以主要满足 3 家基础电信企业，适度兼顾广电 5G 网络覆盖及业务需求为目标，充分利用现有站址资源和增量站址资源，提升站址共享率。

立足“点、线、面”结合，充分考虑 3 家基础电信企业网络发展策略和网络建设指标要求，基于电信企业提供的电平覆盖需求、业务速率需求等，开展联合规划，同时结合路灯杆、监控杆等资源，制定宏微结合的场景化立体规划方案，重要场馆建设室分满足覆盖及容量的业务需求。

3.2 精准深度覆盖主要方法

在解决全域全覆盖的基础上，针对不同区域、不同业务、不同服务目标的不同需求，需要在精准分析的基础上，进一步解决深度覆盖问题。

(1) 不同话务模型的业务预测

针对赛区特殊场景需求，预期高清视频（含高清点播、高清图片等）/VR 等高带宽业务是需求流量增长的主要因素，根据用户行为不同，结合赛区业务，分别对低话务模型和高话务模型的业务渗透率进行预测建模，见表 1。

(2) 不同服务目标的网络指标预测

5G 网络由于基础技术和带宽等利好因素，相比之前的移动网络，其性能将有飞跃式的提升，能够极大地支撑高速无线数据传播。对于崇礼赛区，借鉴平昌冬奥会提出部分应用案例及当前 5G 应用的需求，进行服务目标和速率的要求对应进行预测，根据服务目标及当前网络发展，对于广覆盖区域设计目标为 95% 的区域达到下行速率 60 Mbit/s，上行速率 5 Mbit/s，详情见表 2。

根据三大基础电信企业已有的无线频率资源特性，针对不同话务模型和不同服务目标的业务预测建模分析，有效实施 5G 网络精准深度覆盖。主要考虑实施“广覆盖以宏基站为主、深度精准覆盖宏微结合、热点覆盖室内外协同”策略。

(3) 适时采用 Cloud RAN 技术

对于山地赛区有限空间布局的有限基站（载频）资源，为了解决在赛事高峰时段，随着赛事赛场的变化引发超大话务量的区域流动，造成有

表 1 冬奥期间各业务渗透率预测

业务类型	单用户业务速率	业务渗透率（低话务模型）	业务渗透率（高话务模型）
页面浏览_L	4 Mbit/s	25%	10%
视频会话	5 Mbit/s	20%	10%
高清点播 1080P	5 Mbit/s	20%	10%
页面浏览_H	10 Mbit/s	10%	10%
高清点播 4K	20 Mbit/s	10%	10%
360° VR_Low	60 Mbit/s	5%	20%
高清点播 8K	100 Mbit/s	5%	20%
360° VR_Mid	256 Mbit/s	5%	10%
平均每用户业务带宽需求/(Mbit·s ⁻¹)	/	26.8	62

表 2 服务目标和速率要求对应关系

服务目标	预测奥运 5G 速率要求	最低速率需求	时延需求
服务目标 1: 达到 4G	VoLTE/VoNR 语音服务	UL/DL: 55 kbit/s	
网络感知水平	页面浏览_L	DL/UL: 4 Mbit/s/1 Mbit/s	
服务目标 2: 达到 5G	视频会话	UL&DL: 5 Mbit/s	50~100 ms
基本应用感知水平	高清点播 1 080P (下行)	DL: 5~15 Mbit/s	50~100 ms
	页面浏览_H	DL: 10 Mbit/s	100 ms
	高清点播 4K (下行)	DL: 20~60 Mbit/s	50~100 ms
	360° VR_Low	60 Mbit/s	10 ms
	高清转播 (上行) (1 080P)	UL: 5~15 Mbit/s	50~100 ms
服务目标 3: 达到 5G	高清点播 8K	DL: 100 Mbit/s	10 ms
增强性感知	360VR_Mid	DL: 265 Mbit/s	10 ms
	高清转播 (4K)	UL: 20~60 Mbit/s	50~100 ms
	高清转播 (8K)	UL: 80~200 Mbit/s	50~100 ms
服务目标 4: 达到 5G	3D 环绕照片传输	40 Mbit/s $\times n$ (预估)	
专业级应用水平	实时运动员视角画面	20~80 Mbit/s $\times n$	
	360VR_High	1.4 Gbit/s $\times n$	

限基站资源的忙闲不均、负荷失衡问题。在同一个移动网络内部,适时采用 Cloud RAN (基于云计算的无线接入网构架)技术措施,就是通过采用协作化、虚拟化技术,实现对现有在用、静态分布的基站资源共享和动态调度,完成对流动话务量的流动性资源保障,从而把有限基站(载频)资源有效利用,提高资源利用率、加强网络保障能力、提高客户体验水平。

4 规划方案的效果预期

根据崇礼赛区赛时移动网络服务需求,统筹赛区空间有效利用,通过系统的分析研究,基本能够达到预期的效果。

4.1 建设规模和覆盖效果

针对主要的赛区区域,规划方案实施后,赛事核心区宏基站平均站距 275 m,满足 5G 室外广覆盖需求,场馆群室内深度覆盖按需建设满足 5G 覆盖需求。

覆盖效果,以赛事核心区为例,仿真统计结果-98 dBm 以上面积占比均大于 95% (上行速率 5 Mbit/s 对应 SS-RSRP 为-100~98 dBm),达到规划的室外覆盖目标,赛事核心区 5G SS-RSRP 仿真如图 1 所示。对于建筑物内部,需要规划室内进行覆盖。

4.2 媒体中心混合室分组网案例及效果

媒体中心北区为酒店,总建筑面积约为 40 000 m²。共分为 B1F~6F,其中除了 B1F 部分区域为停车场及设备用房,1F 部分区域大大厅,其余部分均为 30~50 m²的客房。该场景隔断较多,人流密集,业务需求大,感知要求高,美化要求高。

(1) B1F 及电梯用多制式信源合入 POI (point of interface),双路 DAS (distribute antenna system) 解决方案。平层点位间距 20 m 左右,电梯每隔 3 层部署一副对数周期天线;MIMO 天线间距建议在 0.5~1.5 m,天线口功率要求差异在 3 dBm 以内;RRU 及 POI 安装在 B1F 弱电井。

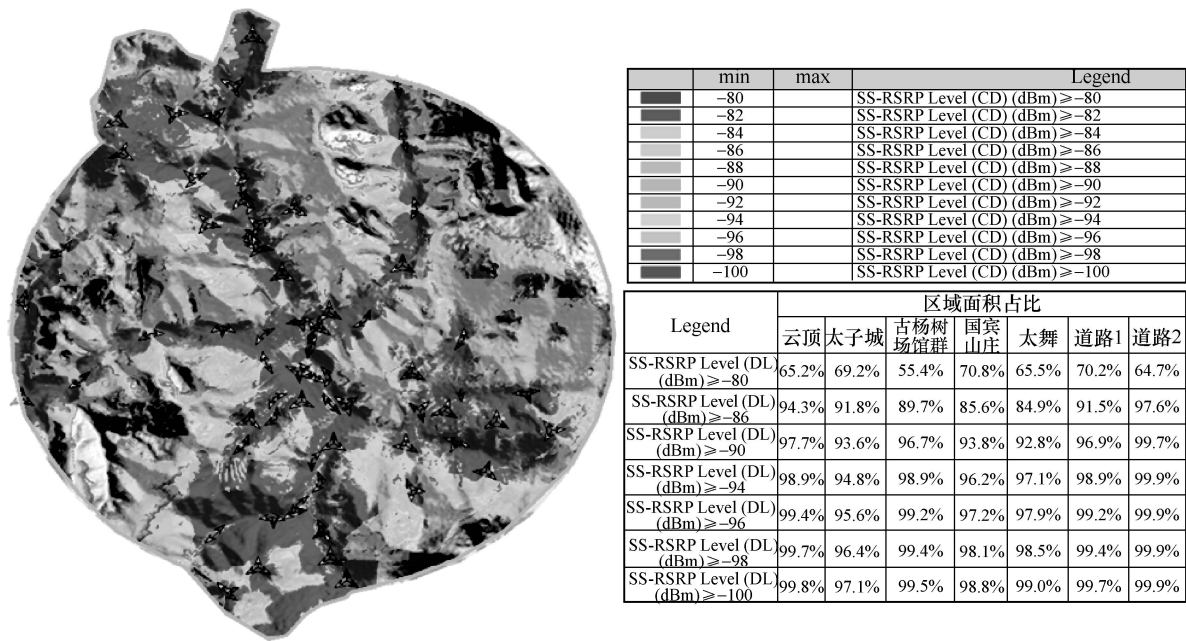


图1 赛事核心区 5G SS-RSRP 仿真

(2) 1F~6F 建议部署共模数字化室分, 其中 1F~6F 点位间隔约 10~12 m (单点位单边覆盖 2~3 间房间); 边缘区域 RSRP ≥ -110 dBm; 交换

机安装在弱电井, CAT6A 网线沿着桥架连接到远端 PRRU, PRRU 安装在吊顶上。

媒体中心北区规划后效果如图 2 所示。

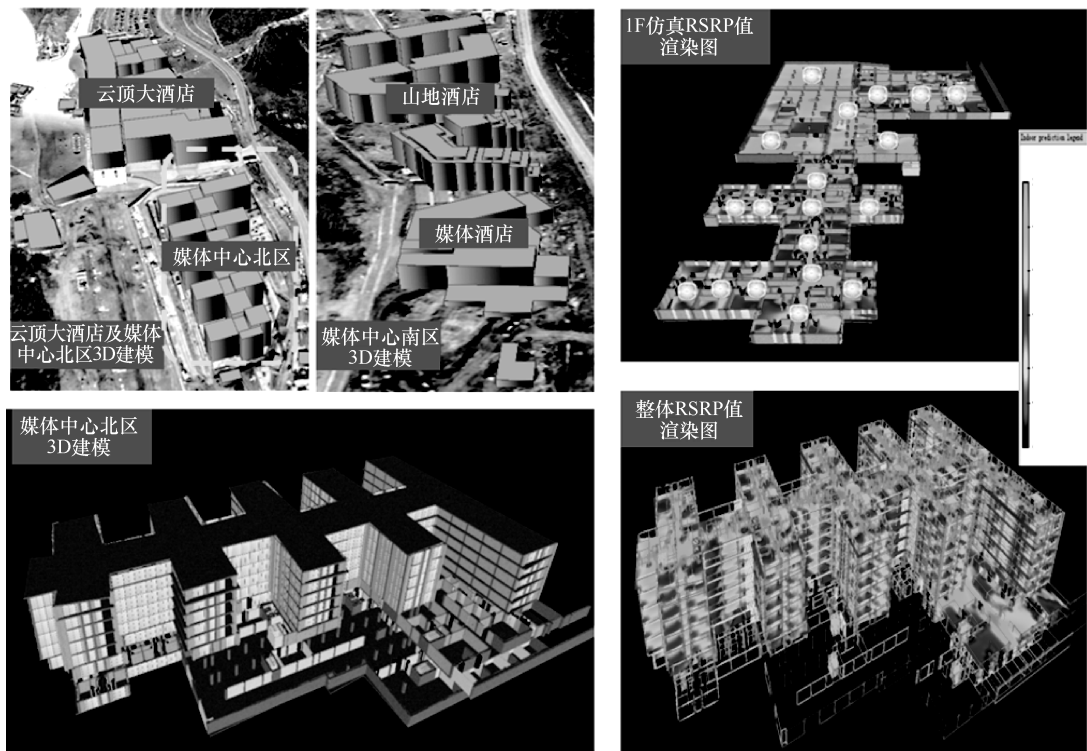


图2 媒体中心北区规划后效果

5 方案的成效和参考价值

5.1 移动服务的多样化精准分析

赛事期间，主要用户群体有赛事组织者、新闻媒体、观赛观众等，各类人群差异化的通信需求特征要求冬奥会既能提供信息通信的普遍服务，还要满足人们对移动通信多样化和便捷流畅的需求，见表 3。通过精准的用户需求分析，可以准确地建立移动网络业务模型，精细化做网络规划。

5.2 多层立体化网络架构

在基站布局规划中，根据赛区特点，采用宏微结合、高低互补及室内外协同的方式，构建立体化的网络，兼顾业务需求和融入环境需求。总体上以宏微协同构建多层次立体网络，首先利用较高建筑物或者灯杆资源部署覆盖层，主要保障了室外区域连续覆盖，然后利用微基站灵活的安装方式，部署微基站补充层，主要解决用户深度覆盖以及容量需求，最后针对大型比赛场馆以及楼宇，通过室外基站或微基站无法解决覆盖，采用室内微基站部署室内覆盖层，解决室内覆盖及容量需求。通过分层立体网络架构，全面实现深度覆盖和精细化覆盖。

5.3 多业务网络下宏基站站间距选择和确定

根据蜂窝网络结构和三角函数关系，采用定向站方式建设时，可以得出基站覆盖半径 R 、站间距 D 、覆盖面积 S 之间的关系公式：

$$D=1.5R; S=\frac{9\sqrt{3}}{8}R^2=1.95R^2 \quad (1)$$

不同制式网络的无线特性、不同的覆盖区域类型等都会对覆盖规划提出不同的要求。为满足覆盖需求，首先计算不同制式网络不同场景的覆盖半径；然后综合考虑集约共建共享、已有站址及可实施性等因素影响后，综合确定公用移动通信宏基站间距。

根据工信部频谱划分以及运营商网络实际情况，当前 5G 主要频段为 2.6 GHz 和 3.5 GHz，基于此，在赛区基站布局总体规划中，以 3.5 GHz 网络覆盖需求为基准进行站点规划和基站布局，典型链路预算及站距预测见表 4。

5.4 利用射线跟踪模型进行 3D 精细化仿真应用

射线追踪技术是光学的射线技术在电磁计算领域中的应用，能够准确地考虑到电磁波的各种传播途径，包括直射、反射、绕射、透射等，并考虑到影响电波传播的各种因素，从而针对不同的具体场景做准确的预测。

表 3 冬奥会用户群体通信需求分析

用户类别	通信用户	通信需求特征	通信技术保障需求
组织者	奥林匹克大家庭成员	基本的语音通信、传真，视频会议，高带宽数据传送和因特网接入、园区运营管理的信息化应用系统如客流引导、票务系统、交通管理、视频监控、应急通信保障、数据中心的运维与管理等	智能监控、智能交通、远程医疗、高清视频会议等将极大提高赛事的安全保障、交通组织、医疗救治、组织联络等效率
	奥林匹克合作伙伴		
	奥运会其他服务人员和志愿人员		
	奥运会安全和交通等保障的专业机构		
媒体	全球主流新闻媒体、自媒体等	便捷、可靠、快速的语音通信和数据传送，保证全球新闻媒体方便的采访现场并高斯同步发布文稿、图片、视频等信息	虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、移动高清视频、联网无人机等将加更清晰、立体地呈现精彩赛事，给观众带来全新赛事体验
观众	现场观众	基本的语音通信，随时随地的 Internet 接入服务，购买电话卡或租借通信终端，人性化信息导航如交通指引、票务受理、展馆导览及预约、院内活动及餐饮购物查询，紧急情况求助，残疾人无障碍信息设施等	智能机器人、无人驾驶等将为亲临现场的运动员和观众带来更加智能的比赛、住宿、观光、购物和交通领域的定制型服务
	赛会期间过境游客		
	线上观众		



表4 山地场景下不同业务下5G（3.5 GHz）网络覆盖预测

对比项	PDSCH	PUSCH	PDSCH	PUSCH	PDSCH	PUSCH	PDSCH	PUSCH
	10 Mbit/s	1 Mbit/s	20 Mbit/s	2 Mbit/s	30 Mbit/s	3 Mbit/s	50 Mbit/s	5 Mbit/s
对应半径/m	365.14	147.71	328.73	122.57	297.5	109.73	255.35	95.22
站间距/m	547.71	221.56	493.1	183.86	446.25	164.59	383.02	142.84

注：UE: 2T4R, BS:64T64R。

在赛区基站规划中，引入了高精度 Volcano 射线跟踪模型进行 3D 网络仿真，采用 5 m 精度数字地图，并根据已有的建筑设计图纸，生成对应的 3D 建筑物，进行室内外联合仿真（主要以 3.5 GHz 频段作为基准），对基站布局方案进行调整，确保基站布局的科学性和合理性。

6 结束语

移动基站的科学规划是移动网络设施建设、网络资源有效配置的重要保障，对于特殊区域、特别需求的移动基站布局则是规划的重要课题。本次研究的案例是集山区空间布局、大话务量冲击、国际赛事保障等特点于一体，统筹考虑各方面有利和不利因素，为提供安全可靠的移动服务保障，进行了一些实践中的研究分析，希望能够为移动网络规划建设，特别是 5G 网络规划建设提供参考。

此外，根据赛区话务高峰及不均衡特点，建议工信部和相关部门，适时研究启动移动网络的异网漫游，实现中国电信、中国联通、中国移动 3 张移动网络资源动态共享。最大限度利用移动网络资源，防范单网话务量过高导致拥塞，甚至瘫痪问题，降低网络故障风险，提升移动网络服务质量。

参考文献：

- [1] 潘毅, 李晖晖, 曾磊, 等. 5G 室内场景多通道联合收发技术性能与关键问题[J]. 电信科学, 2020, 36(7): 168-174.
PAN Y, LI H H, ZENG L, et al. Performance and key issues of 5G multi-channel joint transceiver technology[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(7): 168-174.
- [2] 李青. 5G 组网方案研究[J]. 电信科学, 2020, 36(5): 125-137.
LI Q. Study on 5G networking scheme[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(5): 125-137.

- [3] 周俊, 权笑, 马建辉. 5G 无线优化面临的挑战及应对策略[J]. 电信科学, 2020, 36(1): 58-65.
ZHOU J, QUAN X, MA J H. Challenge and strategy of 5G radio optimization[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(1): 58-65.
- [4] 李泽捷, 曹磊. 5G 网络规划与测试指标研究[J]. 信息通信技术与政策, 2020(6): 73-79.
LI Z J, CAO L. Research on 5G network planning and testing indicators[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2020(6): 73-79.
- [5] 张振, 张英孔, 王二军. 5G 移动通信室内覆盖解决方案研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(10): 5-9.
ZHANG Z, ZHANG Y K, WANG R J. Research on solution of 5G mobile communication indoor coverage[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2019, 32(10): 5-9.

[作者简介]



蒋素霞（1970—），女，中国铁塔股份有限公司河北省分公司铁塔技术支撑中心副总经理、高级工程师，主要从事通信网络规划、建设等技术研究工作。



周熙（1995—），女，中国信息通信研究院规划所创新与运营研究部创新创业研究员，主要从事信息通信行业战略规划项目、相关课题研究等工作。



黄星辉（1985—），男，广州杰赛通信规划设计院有限公司华中地区部副总经理、高级工程师，主要从事信息通信网络规划、设计等工作。