

NR-U 技术的发展及部署方案研究

Study on Development and Deployment Scheme of NR-U Technology


彭雄根¹, 彭艳², 李新¹, 王浩宇¹ (1. 中通服咨询设计研究院有限公司, 江苏南京210019; 2. 绿地集团江苏事业部, 江苏南京210012)

Peng Xionggen¹, Peng Yan², Li Xin¹, Wang Haoyu¹ (1. China Information Consulting & Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210019, China; 2. Jiangsu Business Department of Greenland Group, Nanjing 210012, China)

摘要:

随着5G业务爆发式增长, 现有授权频谱完全无法满足未来业务需求, 而非授权频谱和毫米波将是解决现有授权频谱不足的有效方式。首先介绍了NR-U的起源和研究进展, 然后分析了NR-U的典型部署场景, 最后对NR-U在60 GHz非授权毫米波频段的部署方案和应用进行了探讨。

关键词:

NR-U; 毫米波; 非授权频谱; 5G专网; 小基站
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2022.02.012
文章编号: 1007-3043(2022)02-0066-05
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:

With the rapid growth of 5G applications, the existing authorized spectrum can not meet the needs of the applications in the future, while the non authorized spectrum and millimeter wave are an effective way to solve the shortage of the existing authorized spectrum. Firstly, the origin and research progress of NR-U are introduced. Furthermore, the typical deployment scenarios of NR-U are analyzed. At last, the deployment and application of NR-U in the 60 GHz unlicensed millimeter wave are discussed.

Keywords:

New radio in unlicensed spectrum; Millimeter wave; Unauthorized spectrum; 5G private network; Small cell

引用格式: 彭雄根, 彭艳, 李新, 等. NR-U技术的发展及部署方案研究[J]. 邮电设计技术, 2022(2): 66-70.

1 概述

1.1 5G业务快速发展

自3GPP的第一个5G版本发布以来, 全球5G快速发展。5G不仅立足于面向公众的移动通信(2C业务), 还将渗透到未来社会的各个垂直行业(2B业务), 支持eMBB、uRLLC、mMTC三大应用场景, 构建以用户为中心的全方位信息生态系统。5G将与工业制造、电网控制、智慧城市等行业深度融合, 创新实现“互联网+”新形态, 改变人们的生产生活方式。

5G在全球已经规模商用, 从目前5G业务发展的情况看, 公众通信中AR/VR、在线游戏、沉浸式体验等大带宽、低时延业务急剧增长, 垂直领域中也快速涌现出智能制造、智能电网、远程医疗等对带宽、可靠性要求非常高的行业新应用, 5G通信业务的蓝海正在打开, 未来将需要更多的频谱资源来支撑5G的发展。

1.2 频谱需求

2013年, 工信部电信研究院在《到2020年中国IMT服务的频谱需求》报告中, 全面评估了到2020年中国IMT服务的频谱需求为1 864 MHz, 在我国规划3 300~3 600 MHz和4 800~5 000 MHz频段作为5G系统的工作频率后, 可使用的授权频谱和预计的频谱缺

收稿日期: 2021-02-16

口还有较大的差异。

2017年,ITU-R WP5D 针对 24.25~86 GHz 毫米波频段的频谱需求开展研究,并且把研究结果以联络函方式发送给 ITU-R TG5/1。WP5D 考虑了基于应用的方法、基于技术性能的方法、基于国家考虑的频谱需求等 3 种不同的方法评估总的频谱需求。其中,我国提交了总的频谱带宽需求为 14.8~19.7 GHz,主要用于提供密集城区微蜂窝、室内热点的网络接入能力。

因此,在未来几年 5G 业务爆发式增长的情况下,现有授权频谱无法满足业务需求,而非授权频谱和毫米波将是解决现有授权频谱不足问题的有效方式。

1.3 需解决的问题

a) 非授权频谱的干扰共存。非授权频段主要包括 2.4 GHz、5 GHz 和 6 GHz 等低频段以及 60 GHz 的毫米波频段。3GPP 对 NR-U 的部署频段进行了研究和评估,包括非授权频段和一些被分配为共享使用的频段,主要包括 2.4 GHz、5 GHz 和 6 GHz 等频段。这些频段有些是全球分配的,有些是地区性频段。目前这些低频段大部分已被占用,大量的低频频谱被分配给了无线本地通信的应用,比如 Wi-Fi、蓝牙、微波和其他应用,需重点研究、评估和解决 5G 技术与 Wi-Fi 等技术之间的干扰共存问题。

b) 毫米波产业链的成熟。由于频段高、带宽大、路损大、器件口径小等特性,5G 毫米波对射频前端器件的工艺和材料、终端的功耗和散热、毫米波终端测试、成本都有着相当大的挑战。国内现阶段对毫米波技术的研究水平大大落后于欧美国家,毫米波的应用主要分布在雷达、遥感和天文等领域,而在民用通信中的应用相对滞后。但近年来,我国加大了对毫米波技术的研究投入,成立了 5G 微波毫米波特别工作组,积极推进毫米波技术的研究和应用。2020 年,南京紫金山实验室宣布大规模毫米波相控阵芯片取得重要突破,意味着包括 60 GHz 非授权毫米波在内的 5G 毫米波技术向大规模应用更近了一步。

2 NR-U 的起源及研究进展

2.1 LTE-U 和 LAA

关于 NR-U 的研究进展,得从 4G 说起。在 4G 阶段,先后诞生过 LTE-U 和 LAA。3GPP R12 版本定义了 LTE-U,是将 LTE 技术应用于 2.4 GHz、5 GHz 等非授权频谱中,以利用非授权频谱资源提升网络容量,尤其适用于一些人群密集的大型场馆、商业楼宇等室

内场所。LTE-U 实际上是一种载波聚合技术,它将 LTE 授权频谱作为锚点,并定义为主服务小区(Pcell),Pcell 传送控制信令和高 QoS 数据,而非授权频谱定义为从服务小区(SCell),只传送数据,通过两者聚合大幅提升下行速率。

在 LTE-U 的基础上,3GPP R13 版本定义了 LAA,并在 R14 中进行了功能增强。LAA 技术的优势在于更好的管理 LTE-U,比如支持 LBT(先听后说)、减少与相邻 Wi-Fi 频段的干扰、支持上下行双向链路聚合等。但是,由于诸多因素的影响,LTE-U 和 LAA 在 4G 阶段并未被广泛应用。

2.2 NR-U

到了 5G 阶段,3GPP 在 R15 阶段对 NR-U 进行了研究立项,以 LTE-U/LAA 的研究为基础,在 R16 版本中开始了正式的技术研究及标准化,制定了一套完善的 NR-U 与 Wi-Fi 的共存评估方法,包括对评估场景、评估方法、评估指标进行严格规范与定义。

NR-U 基于现有的 5G 技术。3GPP 研究了非授权频段使用的接入机制,并对 5G 信道、信号及相关过程进行了针对非授权频段的增强,以满足 NR-U 在非授权频段上与 Wi-Fi 等的干扰协调及规避要求。这些增强包括发现信号的设计、上下行信道及信号的设计、初始接入过程增强、HARQ 增强、大带宽增强及预配置增强。

对于 60 GHz 的非授权毫米波频段,3GPP 暂未开始研究,但其将是后续研究的一个主要方向,本文将在 3GPP 现有研究成果的基础上,探讨 NR-U 在 60 GHz 非授权毫米波频段的应用和部署。

3 NR-U 部署场景

3.1 3GPP 定义的部署场景

未来运营商部署 NR-U,将主要考虑小基站部署的方式。3GPP 定义了 NR-U 的 5 种可能的部署场景。

场景 1: 授权频谱 NR(PCell)和非授权频谱 NR-U(SCell)之间的载波聚合,NR-U 作为 SCcell,同时应用于 DL 和 UL,或者仅应用于 DL。

场景 2: 授权频谱 LTE(PCell)和非授权频谱 NR-U(PSCell)之间采用双连接方式。

场景 3: NR-U 独立部署。

场景 4: NR 小区,DL 采用非授权频谱,UL 采用授权频谱。

场景 5: 授权频谱 NR(PCell)和非授权频谱 NR-U

(PSCell)之间采用双连接方式。

这些部署场景,根据技术方案的不同,主要可分成3类。

a) 5G NR下的授权频谱辅助接入方案,包括场景1和场景4。该方案由4G中的LAA发展而来,通过对授权频谱和非授权频谱进行载波聚合,在授权频谱上设置锚点,传输关键信息和控制信息,保证通信的可靠性;在非授权频谱上传输数据信息,提升数据传输速率。

b) 5G NR下的多连接技术方案,包括场景2和场景5。该方案基于4G的双连接技术,不仅可以实现5G系统使用非授权频谱,还可以让5G系统使用现行的4G系统的频谱进行数据的传输。

c) 5G NR下的MultaFire方案,即独立部署方案,包括场景3。与授权频谱辅助接入方案相比,MultaFire方案的特别之处在于不依赖于授权频谱而在非授权频谱上单独存在,可以实现NR-U的独立部署。这种技术方案既能有效对5G NR的授权频谱进行扩展,也支持组建NR-U独立专网,满足5G大带宽、低时延、大连接应用场景的需求。

授权频谱辅助接入方案和多连接技术方案主要由4G发展而来,而独立部署方案是5G非授权频谱接入的全新方案。下面将结合垂直行业等应用来分析NR-U的典型部署方案。

3.2 NR-U几类典型部署场景

3.2.1 企业部署5G专网

企业可以使用5G非授权频谱部署全套5G网元(包括gNB、UPF、5GC CP、UDM、MEC等),构建物理隔离的5G专网,如图1所示。

部署基于非授权频谱的5G专网,不仅具有专网的独立性和安全可靠,还能充分利用5G技术的大带宽、低时延、大连接能力,满足工业互联网低时延高可

靠性的要求和物联网大连接的需求。5G专网具有云化核心网和边缘计算功能,企业未来工厂内的所有设备通过NR-U基站连接到核心网,实现端到端的身份验证、会话、管理、QoS控制和移动性等。因此,企业将基于非授权频谱的5G专网部署在未来工厂中的自动化生产线和车间,能够保证即时连接的机器人、自动化设备的正常运行,并且和数据物联网中心,即时交互数据,协调整个生产线,大大提高控制的可靠性和有效性。

目前,除了奥迪、宝马、戴姆勒和大众等汽车巨头,还有大型化工、天然气、石油公司等行业都有意愿建设自己的5G专网。

3.2.2 毫米波无线接入

根据无线电频谱划分情况,毫米波是频率为30~300 GHz的电磁波,位于极高频EHF频段,具有频段高、带宽大、方向性好等特点。随着5G技术的快速发展和网络的规模部署,5G将是毫米波在民用通信中广泛应用的重要突破点。而60 GHz的非授权毫米波频段,将为推进NR-U在毫米波频段的部署应用奠定了基础。

基于60 GHz非授权毫米波频段的NR-U,在独立部署时,将主要应用于室内毫米波无线接入和室外热点毫米波无线接入等部署场景。室内毫米波无线接入特别适用于实时云应用/云存储、互动游戏、沉浸式体验、AR/VR、极高容量需求等场景,是企业级Wi-Fi的理想替代方案;对于室外热点毫米波无线接入场景,NR-U毫米波小基站将是低频段5G NR网络的补充,主要适用于人流量大的露天广场、公交站台、公园等场景。

4 NR-U在毫米波频段的部署方式探讨

4.1 5G毫米波频段

3GPP TS 38.104定义了5G支持的频段列表,5G支持的频谱范围可达100 GHz,指定了两大频率范围FR1和FR2,其中FR2的范围是24.25~52.6 GHz,主要定义了n257、n258、n260和n261,位于毫米波频段范围内。2019年11月举行的WRC-2019会议确定了IMT和IMT-2020(5G)的几个新的频率范围,包括几个既有的3GPP频率和一些新增的频率,具体有24.25~27.5 GHz、37~43.5 GHz、45.5~47 GHz、47.2~48.2 GHz及66~71 GHz。另外,一些国际机构也正在考虑其他频率,如71~86 GHz频段。

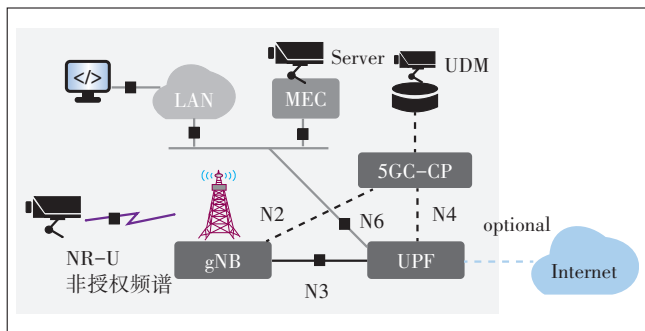


图1 企业自建NR-U网络架构

在非授权频段方面,除了现有的2.4 GHz、5 GHz、6 GHz外,还有一个带宽巨大的60 GHz毫米波频段。2000年以来,欧、美、日等众多国家和地区相继在60 GHz附近划分出5~7 GHz的非授权连续频谱作为一般用途使用。比如,北美和韩国开放了57~64 GHz频段,欧洲和日本开放了59~66 GHz频段,澳大利亚开放了59.4~62.9 GHz频段,中国目前也开放了59~64 GHz频段。在各国和地区开放的频谱中,大约有5 GHz的重合,这非常利于开发出世界范围适用的技术和产品。我国开放的59~64 GHz频段正好处于这个重合部分中,这一频段上数GHz带宽资源奠定了实现吉比特级传输速率的基础(见图2)。

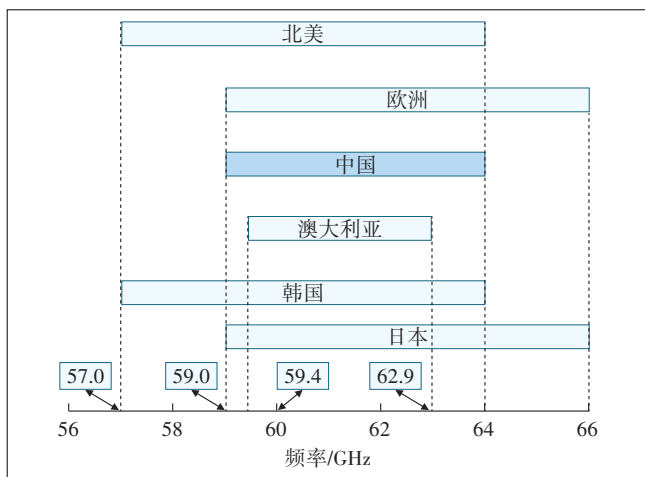


图2 60 GHz非授权频谱全球分配情况

60 GHz毫米波非授权频段可利用的资源多、带宽大,要远远超出5 GHz等非授权低频段。目前,60 GHz非授权频段将主要给IEEE 802.11ad/ay使用,通过4个2.16 GHz载波获得最高7 Gbit/s的超高数据传输速率。但随着NR-U技术的逐步成熟和标准化,相信在60 GHz上部署NR-U小基站,可以提供更快的传输速率和更优质的通信质量,实现超高速短距离应用。

4.2 NR-U在非授权毫米波频段的部署方式

4.2.1 室内毫米波无线接入

根据业务需求的不同,目前室内热点区域的覆盖主要有2类方案,2类方案都有各自的适用场合、服务对象及主要业务等。第1类是运营商部署无源DAS系统或有源分布系统,满足公众移动通信业务的需求;第2类是运营商建设电信级Wi-Fi网络或企业自建企业级Wi-Fi网络,前者主要用于对娱乐、休闲、公众服务等场所的移动通信网络的分流,后者主要解决企业办公、生产、运营中无线接入需求。

在NR-U技术和毫米波技术成熟后,可以在现有覆盖方式的基础上,采用NR-U毫米波小基站覆盖,满足更大带宽和更高容量的接入需求。通常适用于毫米波部署的室内覆盖场所主要有交通枢纽、大型场馆、商场、写字楼等。但由于高频段的穿透性能差,在大开间的覆盖效果要明显优于具有隔断或阻挡环境。比如高铁站的候车厅,空间内基本上为视距(LoS)传输,覆盖效果很好,而写字楼内既有LoS传输,也有NLoS传输,覆盖相对较差。

4.2.2 室外热点毫米波无线接入

NR宏基站和NR-U毫米波小基站之间采用重叠覆盖方式,如图3所示。该方案是“NR宏基站+NR-U毫米波小基站”的异构网络,能够实现覆盖和容量的协同。在这种网络结构下,NR宏基站构成基础打底网络,主要解决覆盖问题,用于NR-U毫米波小基站覆盖区域内终端的控制面的接入以及其他区域内终端用户面和控制面的接入;NR-U毫米波小基站叠加在基础打底网络上,主要解决容量问题,用于NR-U毫米波小基站覆盖区域内终端的用户面的接入。得益于60 GHz毫米波丰富的带宽资源、优秀的波束赋形能力及相对更小的单小区覆盖范围,NR-U毫米波小基站可以轻松解决超级热点的容量问题,满足众多大带宽业务的集中接入需求。从上面的分析也可以看出,该部署方式非常适合实现控制和业务分离功能,对于NR-U毫米波小基站覆盖区域内的终端,控制面和用户面数据将分别承载在NR宏基站和NR-U毫米波小基站上。

在大量部署NR-U毫米波小基站的超密集网络中,单基站覆盖面积小,小区吞吐量高,使用传统的有线回传方式一来部署成本高,二来在很多场景下不具

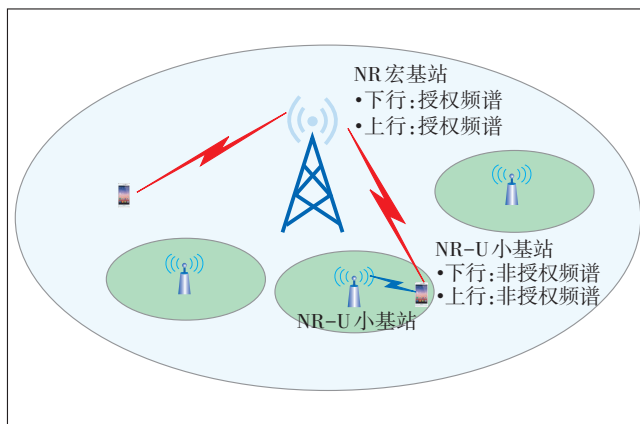


图3 NR宏基站和NR-U小基站重叠覆盖方案

备可实施性。因此,基于毫米波通信的无线回传技术将是NR-U毫米波小基站快速发展和部署的关键一环。在超密集网络中,大量部署的NR-U毫米波小基

站以单跳和多跳的方式,自适应选择回传链路,提高了回传链路的可靠性,实现多条回传链路间的自适应负荷均衡(见图4)。

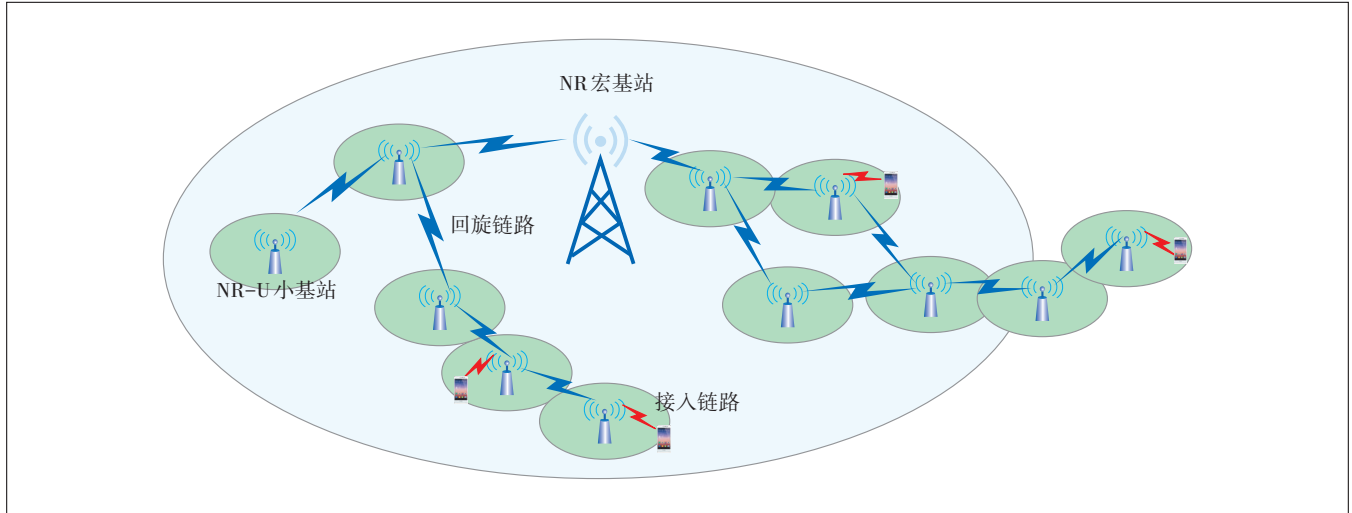


图4 接入回传一体化的NR-U小基站部署方案

当小基站与宏基站之间采用毫米波回传方式时,控制和业务相互分离的方式可以有效降低控制信令的传输时延。但对可靠性和时延要求非常高的移动性业务建议直接接入NR宏基站,避免复杂的移动性管理和频繁的信令交换。

5 结束语

对于运营商来说, NR-U可以作为一种有效的补充手段进一步提高网络的服务能力。对于企业来说, NR-U意味着可以摆脱授权频谱的限制, 自建NR-U专网, 提供大容量、低时延、高可靠的网络接入方式, 既能和Wi-Fi共存, 也是替代企业级Wi-Fi的有效解决方案。本文基于3GPP现有关于NR-U的研究成果, 分析了NR-U的典型部署场景, 并对NR-U在60 GHz毫米波非授权频段的部署方式及应用进行了探讨。

参考文献:

- [1] 3GPP. Study on NR-based access to unLicensed spectrum; 3GPP TR 38.889 V16.0.0[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 3GPP. Study on Licensed-assisted access to unLicensed spectrum; 3GPP TR 36.889 V13.0.0[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [3] 3GPP. Study on integrated access and backhaul; 3GPP TR 38.874[S/OL]. [2021-08-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [4] ITU. Technical feasibility of IMT in bands above 6 GHz [R/OL]. [2021-08-21]. <https://wireless.engineering.nyu.edu/presentations/>

TECHNICAL-FEASIBILITY-OF-IMT-IN-THE-BANDS-ABOVE-6-GHz.pdf.

- [5] Global update on spectrum for 4G & 5G [R/OL]. [2021-08-21]. <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/5g-spectrum-update-for-mipi-alliance.pdf>.
- [6] Wi-Fi Alliance. 60 GHz 无线通信技术 [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.doc88.com/p-0973848864161.html>.
- [7] 5G微波毫米特别工作组. 5G毫米波频谱规划建议白皮书[R/OL]. [2021-08-17]. <https://wenku.baidu.com/view/540bd263cd-bff121dd36a32d7375a417866fc1a5.html>.
- [8] 彭雄根, 彭艳, 李新, 等. 5G IAB技术及在泛在电力物联网中的应用研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(9): 83-87.
- [9] 周宇, 陈健, 高月红. 5G授权频谱分配及非授权频谱利用技术的研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2018, 31(3): 4-9.
- [10] 刘晓峰. 5G非授权频段接入关键技术及国际标准化[J]. 移动通信, 2020, 44(4): 1-6, 23.
- [11] 什么是5G NR-U? 5G将首先替代企业级Wi-Fi? [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://blog.csdn.net/hhhhhhhhhhhwwwwww/article/details/105862524>.
- [12] 专用5G网络的7种部署方案 [EB/OL]. [2021-08-21]. <https://www.sdnlab.com/23647.html>.

作者简介:

彭雄根, 毕业于东南大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事5G/6G关键技术、无线专网技术、无线通信网络规划研究等工作; 彭艳, 毕业于重庆大学, 工程师, 学士, 主要从事建筑电气、建筑智能化研究工作; 李新, 毕业于北京邮电大学, 研究员级高级工程师, 博士, 从事5G/6G关键技术、无线通信网络规划研究等工作; 王浩宇, 毕业于香港科技大学, 工程师, 硕士, 主要从事无线通信技术与网络规划及设计研究工作。