



LTE/NR 频谱共享 ——5G标准之上下行解耦

5G 新技术丛书

LTE/NR 频谱共享

——5G 标准之上下行解耦

万 蕾 郭志恒 谢信乾
毕文平 费永强 龙 毅 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书由全球知名的通信专家万蕾博士领衔撰写,对 5G-NR 上下行解耦技术进行了系统的介绍。全书共 10 章,第 1 章介绍了 5G-NR 的发展、背景和标准化,第 2 章主要回顾了 5G-NR 上下行解耦技术的驱动力,第 3 章介绍了世界范围内的 5G 频谱和双工模式,第 4 章对 5G 网络部署的挑战以及上下行解耦技术的优势进行了系统分析,第 5 章介绍了 5G-NR 的组网模式和相关的上下行解耦技术的应用,第 6 章深入讨论了 5G-NR 中上下行解耦的空口接入机制,第 7 章对 NR 和 LTE 同频段共存的技术进行了探讨,第 8 章从终端角度介绍了上下行解耦技术的实现,第 9 章提供了实际外场测试的结果,第 10 章对上下行解耦技术的未来演进进行了展望。

本书适合电子通信领域相关人士阅读,不仅可以作为 5G-NR 研发和工程人员的研究资料,还可作为电子通信相关专业的高校老师、学生和研究人员的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

LTE/NR 频谱共享: 5G 标准之上下行解耦/万蕾等著. —北京: 电子工业出版社, 2019.3
(5G 新技术丛书)

ISBN 978-7-121-35917-0

I. ①L… II. ①万… III. ①解耦系统 IV. ①TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 011586 号

策划编辑: 李树林

责任编辑: 李树林

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 北京季蜂印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 15 字数: 252 千字

版 次: 2019 年 3 月第 1 版

印 次: 2019 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询和投稿联系方式: (010) 88254463, lisl@phei.com.cn。

序

随着社会的进步和技术的发展，差不多每隔十年移动通信系统就会发生一次变革性换代，虽然现在正使用着第四代移动通信系统，但是我们已经站在了第五代移动通信系统部署的起点。1G、2G 主要解决人们打电话的诉求；3G 不但提高了电路域的数据业务速率，还通过引入分组域极大地提升了对宽带数据业务的灵活支持；而 4G LTE 系统则推动了移动互联网的全球性普及，并开启了包括物联网、车联网在内的面向垂直行业的应用。在这个沧海桑田、社会飞速发展的年代，一方面是社会对信息传输的需求在水涨船高，另一方面是移动通信系统一代一代的技术的变革和能力的提升，促进了社会信息化的进程。如果说 1G 到 4G 是面向个人通信的，5G 则是面向社会应用的，它会带来移动互联网、物联网和工业互联网的融合，将带动我们进入一个智能社会。

5G 的标准化节奏非常快，2018 年 6 月 3GPP 完成了 5G 独立组网的标准。一方面是为了满足全球移动数据发展的需求，另一方面是各个国家在当前信息时代中的竞争布局在推波助澜。5G 对经济发展的影响巨大，据有关机构预测：到 2035 年，5G 的市场规模将促使全世界 GDP 增长 7%，约 35 000 亿美元，新增就业岗位 2200 万个；到 2035 年，预期 5G 将会促进我国 GDP 增长近 10 000 亿美元，增加就业岗位近 1000 万个；美国总统特朗普说 5G 能为美国创造 300 万个新工作岗位，刺激 2000 多亿美元的投资，产生 5000 多亿美元的经济收入，所以美国在 2018 年 9 月

发布了“5GFAST”计划，额外地给 5G 分配了新频谱。

5G 有三大应用场景：一是增强移动宽带的 eMBB，5G 在面向多媒体业务时有望带来相比现有网络 10 倍的用户体验提升和超过 20 倍的容量增强；二是超可靠低时延的 uRLLC，可靠性可达到 99.999%，时延要从 10 毫秒降到 1 毫秒，未来可支持 500 千米时速的高铁、远程医疗等应用；三是广覆盖大连接的 mMTC，1 平方千米中可以连接 100 万个传感器。

5G 时代，视频将会是移动数据的主要业务，我国互联网和移动互联网用户 7 成以上会使用网络视频。2018 年上半年，我国移动互联网累计流量达到 266 亿 GB，同比增长 199.6%；2018 年 6 月，当月户均移动互联网接入流量达到 4.24 GB，同比增长 172.8%。飞速增长的移动网络视频业务对 5G 提出了大带宽的诉求，国际电信联盟面向 IMT-2020 (5G) 的频谱资源需求研究指出，要满足未来十年移动通信发展的需要，每家运营商需要至少 1 GHz 带宽部署 5G 网络，其中在传播特性好的 Sub 6 GHz 至少需要连续 100 MHz 大带宽的频谱资源。据此，各国都纷纷为 5G 寻找大带宽的频谱。

2018 年，我国已明确 5G 频谱规划从 Sub 6 GHz 频段开始，并面向三大运营商发放 5G 试验频率使用许可：中国电信和中国联通分别在 3.5 GHz 附近的频段获得 100 MHz 带宽的频谱资源，中国移动在 2.6 GHz 附近获得 160 MHz 带宽的频谱资源，以及在 4.9 GHz 附近的频段上额外的 100 MHz 频谱资源。在全球各个国家和地区，3.5 GHz 附近的 C 波段也是最主要的 5G 初期部署频段。此外，美国、韩国和日本也尝试在 28 GHz 毫米波的高频段进行 5G 网络应用的初步尝试。

虽然我国为 5G 分配了优质的频谱资源，但其频率相对当前 LTE 网络所部署的频段而言仍然相对较高，路径损耗较大，其传输距离会因此而受限，导致为了满足移动通信网络连续覆盖的需要而必须增加基站的密度。相比于 4G 的低频网络部署，C 波段上 5G 的基站数将是 4G 的 4~5 倍，投资将会大幅增加。中国现在的移动通信基站数已达 670 万个，4~5 倍的站址意味着高昂的网络建设成本。同时，密集的基站将导致移动性体验降低，比如在移动

速度较快时就会出现频繁的切换。所以,5G 首批商用部署的一个重点就是保障覆盖,最好能和 4G 共站建设,同时还要保证 5G 的连续覆盖。

另外,5G 需要支持智能手机业务、智慧工厂业务、物联网与车联网业务、高铁业务,这些业务带宽不一样,要求的可靠性和时延也不同。如果所有业务都在一个频段上传输会对 5G 网络上下行资源配比、帧结构等配置提出不同的要求,这实际上是不合适的。针对这个需求,5G 提供了虚拟化切片技术,把不同需求的业务类型分别处理,共用 5G 网络的物理设施。同时,为了满足容量、覆盖和时延的平衡,可以引入 5G 高低频融合组网,如本书中阐述的上下行解耦技术。本书介绍的 LTE/NR 频谱共享方案很好地兼顾了 5G 高频大带宽和低频广覆盖、低时延的优势,同时利用 LTE 现有网络部署进行 4G/5G 共站建设,大大降低了 5G 初期部署的建设投资,使能 LTE 向 5G 网络部署的平滑演进。

华为技术有限公司和各运营商,以及它的产业伙伴基于对移动通信网络部署和网规网优方面的多年经验和难点痛点问题的深刻理解,在 5G 标准化过程中以终为始地围绕 5G 新空口设计中的覆盖问题进行研究,在 5G 标准的第一个版本中引入上下行解耦特性,通过绑定高频 TDD 载波和低频点的辅助上行载波来保证 5G 独立部署的大覆盖能力。2018 年,中国的 IMT-2020 推进组在 5G 第三阶段测试规范中将上下行解耦作为 5G 独立部署的必选特性,并组织了多个网络设备厂商、芯片和终端厂商间的互联互通测试。

本书围绕 5G 网络商用部署中的频谱和覆盖问题,重点论述了上下行解耦和 LTE/NR 共存等 5G 关键技术特性,提出了提升 5G 上行覆盖、LTE 与 5G 和谐共存、平滑演进的网络部署方案。本书的主要作者万蕾博士等长期参与 3GPP 标准工作,对 4G、5G 的空口设计、频谱和双工机制、网络覆盖和用户体验评估等方面有着深刻的理解。本书的素材既有来自于 3GPP 的最新规范、技术文稿、会议记录,也有来自于外场试验的实测数据;不仅有对上下行解耦和 LTE/NR 共存的详细阐述,还有其与其他主流技术的多角度对比和方案背后的技术原理的深入探讨。因此,本书一方面可以作为通信研究同行的参考资料,了解技术的发展趋势,学习 3GPP 标准化过程中的研究方

法，也可以成为产品开发者的技术指导资料，还可以是 5G 首批商用部署的特性选择和决策的参考手册。本书还希望通过克服 5G 的覆盖、时延等方面面临的挑战，推动我国通信产业的创新和领先发展，为我国的 5G 事业的成熟和发展贡献力量。

中国工程院院士



2019 年 1 月 18 日

前言

随着移动通信技术的迅速发展，万物互联的智能世界将革命性地改变人们的生活。海量的设备连接，迅猛增长的数据流量，以及实时性、可靠性要求更高的新型业务，这些都对未来通信系统提出了更高的要求。早在 2012 年 7 月，国际电信联盟无线电通信组就启动了对 2020 年及以后的未来无线通信的研究；在 2013 年至 2015 年期间，包括中国、欧洲、韩国、日本和美国在内的诸多国家和地区相继成立了 5G 推进组织和研究机构，业界、研究机构 and 高校都非常积极地投入到 3GPP 5G-NR 的研究当中，这为最终能够制定出广泛支持多种应用场景的无线接入技术方案打下了坚实的基础。国际电信联盟启动 IMT-2020 研究已经六年了，在 2018 年 3GPP 发布了首个 5G 国际标准版本，迎来了 5G 标准化的第一个里程碑，其中 5G 非独立部署标准在 2018 年 3 月冻结，5G 独立部署版本在 2018 年 6 月冻结。2018 年 9 月，3GPP 向 ITU 提交了 5G 技术标准提案和初评报告。

在获得了大带宽频谱后，5G 的峰值速率不断刷新，在视距传输条件下能达到 100 MHz 4 Gbps 以上的峰值速率。但是在实际商用部署中，5G-NR 新无线接入技术面临的首要问题是覆盖问题，因为在蜂窝移动通信网络中，蜂窝小区边缘速率决定了用户体验，并在一定程度上决定了网络容量。当前，4G LTE 蜂窝网络部署已经占据了无线频谱中传输损耗小、广覆盖的 2.6 GHz 及以下中低频段，随着社会信息化的发展，4G 用户数在未来几年内还将保持强劲增

长的趋势，因此被 4G LTE 占据的中低频段在短期内难以释放给 5G 使用。另外，5G 系统在大带宽的频谱资源利用方面也更能够发挥其空口设计优势，而 2 GHz 以下的低频段很难找到 100 MHz 以上的连续频谱，因此在全球范围内 5G 初期部署主要集中在有潜在大带宽资源的 2.6 GHz 到 5 GHz 的 C 波段等中频频段，以及部分毫米波补充频段。无论是 C 波段还是毫米波频段，其无线信号的传播损耗都明显大于目前 2G/3G/4G 蜂窝网络部署的中低频段，覆盖是最主要的问题，尤其是手持终端上行发射功率受限，而且中高频段都选用 TDD 制式导致上行不能连续发射，因此上行覆盖不足将是 5G 首发商用阶段需要解决的最主要问题。

本书聚焦 5G-NR 新无线接入技术标准中的上下行解耦、LTE/NR 上行和下行频谱共享等技术特性，通过与 LTE 系统的和谐频谱共享和共存，提升 5G 网络覆盖性能，提供了从 LTE 向 5G 平滑的网络演进路线。5G-NR 的上下行解耦特性创造性地提出了把用户上行传输和下行传输频段解耦的概念，允许 5G-NR 下行锚定具有大带宽的频段（如 C-band），依赖多天线技术提供高速下载等下行服务，而上行则与 LTE 网络共享低频段频谱，从而极大地扩展 5G 小区的上行覆盖。提升 5G 首发商用部署的覆盖，能够降低部署基站的数量和密度，可以达到 5G-NR 和 LTE 共站部署共覆盖的效果，从而极大地降低 5G 部署成本，加快 5G 商用网络部署的节奏。上下行解耦带来的另一个优点是低空口时延，因为上行传输可以在低频 FDD 上行频段的任意时隙上发送，而不像在 TDD 频段的上行发送时隙上那样受限，因此上下行解耦的 5G-NR 链路其下行传输对应的上行反馈明显快于那些仅在 TDD 频段传输的 5G-NR 链路的上行反馈，从而可以提供和 FDD 系统相同的低空口时延。众所周知，中高频段的覆盖受限导致其业务适用范围受限，尤其对于广覆盖的物联网和高可靠低时延类的业务。而采用上下行解耦的 5G 部署通过提升上行链路的覆盖可以很好地弥补中高频段的业务受限这一缺点，完美地把大带宽下行高速率传输和上行广覆盖与低时延结合在一起，真正达到包括移动宽带接入、广覆盖大连接物联网、超低时延的高可靠业务的全业务公共网络的部署和配置。

本书为 5G 新无线接入技术的研究人员和开发人员系统地讲解了上下行解耦等频谱共享的技术特性。全书分为三部分共十章，第一部分介绍了上下行解耦的标准化背景和驱动力，包括：第 1 章 5G-NR 的发展、背景和标准化，第 2 章 5G-NR 上下行解耦技术的驱动力，以及第 3 章 5G 频谱和双工模式。第二部分详细阐述了 5G-NR 上下行解耦的系统设计和部署方案，包括：第 4 章 5G 网络部署、覆盖分析和挑战，第 5 章 5G-NR 组网模式和上下行解耦应用场景，第 6 章 3GPP Release 15 上下行解耦的空口接入机制，第 7 章 LTE/NR 同频段下行共存和第 8 章 Sub 6 GHz 终端的实现和能力。第三部分从产业角度总结了上下行解耦的产业化进程并指出下一步演进方向，包括第 9 章上下行解耦外场测试和第 10 章上下行解耦技术的展望。

本书的完成离不开参与 LTE、5G-NR 的新无线接入技术/上下行解耦标准化工作的同行们两年来的辛苦努力，离不开对现有网络痛点问题认识深刻的运营商的专家们给予的技术和标准上的支持，离不开对实现难点了如指掌的终端和芯片同行们提供的技术帮助，也离不开严谨的互通测试和外场测试的同事们，我们尽可能将他们的贡献指明出处。在 3GPP 5G-NR 20 个月的上下行解耦标准化讨论过程中，大量的覆盖分析、仿真评估、网络部署和终端实现分析及热烈讨论贯穿始终。3GPP 历史上鲜有对一个技术特性在其标准化过程中进行如此全方位的分析 and 评估，翔实的分析为商用部署和网络配置及优化管理提供了保障。谨以此书献给那些为 5G 和上下行解耦特性做出贡献的标准代表、仿真团队、研发和测试团队；献给 IMT-2020 推进组、广大支持 5G 的运营商和各参与公司的专家们，让我们期待 5G 以最稳健的步伐走上历史的舞台，开启移动通信的新篇章。

最后，对于本书中存在的不足之处敬请读者和专家批评指正。

著者

2019 年 1 月 13 日

目 录

CONTENTS

第 1 章 概述 / 1

1.1 5G-NR 的发展和背景 / 1

1.1.1 5G 在国际范围内的研究 / 2

1.1.2 3GPP 对于 5G 标准的启动 / 5

1.2 5G-NR 标准化 / 6

1.2.1 上下行解耦 / 7

1.2.2 LTE/NR 同频段共存 / 10

参考文献 / 12

第 2 章 5G-NR 上下行解耦技术的驱动力 / 15

2.1 适配多业务的 IMT-2020 能力 / 17

2.2 上下行解耦的多业务适配能力 / 19

参考文献 / 20

第 3 章 5G 频谱和双工模式 / 22

3.1 ITU-R 标注的 IMT 系统频谱 / 23

3.1.1 C-band / 23

3.1.2 mmWave / 24

3.1.3 Sub 3 GHz / 25

3.2 频谱类型与双工方式 / 26

3.2.1 FDD 与 TDD 联合组网 / 28

3.2.2 TDD 的网络同步 / 29

3.2.3 动态 TDD 与灵活双工 / 36

3.3 5G-NR 频段和频段组合 / 40

3.3.1 5G-NR 小区级频段定义 / 42

3.3.2 上下行解耦的小区级频段组合 / 44

3.3.3 CA 技术频段组合 / 45

3.3.4 双连接技术频段组合 / 45

3.3.5 其他频段组合 / 49

参考文献 / 49

第 4 章 5G 网络部署、覆盖分析和挑战 / 51

4.1 5G-NR 的频谱分层 / 51

4.1.1 链路覆盖分析 / 52

4.1.2 Sub 3 GHz 与 C-band 覆盖差异 / 56

4.2 5G-NR 网络部署挑战和上下行解耦 / 62

4.2.1 挑战一：5G 频谱同时满足大带宽与广覆盖 / 63

4.2.2 挑战二：TDD 上下行配比同时满足高频谱效率与上行无缝覆盖 / 64

4.2.3 挑战三：TDD 上下行切换周期同时满足传输效率与业务低时延 / 66

4.2.4 挑战四：站点规划同时满足无缝连续覆盖与合理部署成本 / 69

参考文献 / 70

第 5 章 5G-NR 组网模式和上下行解耦应用场景 / 72

5.1 5G-NR 非独立组网模式 / 72

5.1.1 5G-NR 非独立组网模式选项 / 74

5.1.2 5G-NR 上下行解耦的非独立组网 / 76

5.2 独立组网部署模式 / 81

5.2.1 5G-NR 单频段独立小区组网 / 82

5.2.2 上下行解耦独立组网 / 82

5.3 从 LTE 向 5G-NR 的演进路线 / 90

5.4 LTE/NR 同频段共存 / 93

5.4.1 LTE/NR 同频共存 / 94

5.4.2 LTE/NR 邻频共存 / 94

参考文献 / 95

第 6 章 3GPP Release 15 上下行解耦的空口接入机制 / 97

- 6.1 初始接入 / 97
 - 6.1.1 SUL 小区模型 / 97
 - 6.1.2 单小区上行两载波参数配置 / 99
 - 6.1.3 上行随机接入载波选择 / 100
 - 6.1.4 SUL 的 PRACH 配置 / 102
 - 6.1.5 随机接入响应 / 105
 - 6.1.6 Msg3 发送机制 / 106
- 6.2 功率控制 / 108
 - 6.2.1 上行随机接入功率控制 / 108
 - 6.2.2 上行共享信道 PUSCH 的功率控制 / 111
 - 6.2.3 上行控制信道 PUCCH 功率控制 / 112
 - 6.2.4 上行 SRS 触发和功率控制 / 112
 - 6.2.5 CA 场景中 SUL 的功率控制 / 114
 - 6.2.6 功率余量汇报 / 114
 - 6.2.7 EN-DC 场景下的功率控制 / 115
- 6.3 上行发送同步调整 / 124
 - 6.3.1 SUL 与 UL 的单定时调整组 / 124
 - 6.3.2 定时调整命令设计 / 125
 - 6.3.3 定时提前偏移量设计 / 127
- 6.4 调度和反馈 / 128
 - 6.4.1 PUSCH 传输机制 / 128
 - 6.4.2 PUCCH 传输机制 / 136
- 6.5 上行测量信号发送 / 139
 - 6.5.1 半静态 SRS 激活/去激活机制 / 139
 - 6.5.2 非周期 SRS 触发机制 / 140
- 6.6 TDD、SUL、FDD 上下行资源配置和 SFI 机制 / 141
 - 6.6.1 半静态小区公共上下行配置 / 141
 - 6.6.2 半静态用户特定上下行配置 / 143
 - 6.6.3 动态时隙格式指示 / 144
- 6.7 信道栅格与同步栅格设计 / 149
 - 6.7.1 信道栅格设计 / 149
 - 6.7.2 同步栅格设计 / 151

6.8 上行子载波对齐与不对齐 /153

6.8.1 非对齐干扰 /153

6.8.2 7.5 kHz 的上行偏移 /156

6.8.3 PRB 对齐 /157

参考文献 /160

第7章 LTE/NR 同频段下行共存 /162

7.1 LTE/NR 下行共享频谱共存 /162

7.1.1 相同 OFDM 参数的 LTE/NR 下行频谱共享 /163

7.1.2 不同 OFDM 参数的 LTE/NR 下行频谱共享 /167

7.1.3 LTE 与 5G-NR 下行共享频谱的时频资源分配 /169

7.1.4 5G-NR 下行与 LTE NB-IoT 共存 /178

7.1.5 5G-NR 下行与 LTE MTC 共存 /182

7.2 LTE/NR 同频段邻频共存 /184

参考文献 /186

第8章 Sub 6 GHz 终端的实现和能力 /188

8.1 终端射频链路架构 /188

8.1.1 SA 终端 /190

8.1.2 NSA 终端 /190

8.2 LTE/NR 双连接相关的 UE 能力 /193

8.3 上下行解耦相关的 UE 能力 /195

8.4 上下行解耦的射频指标 /198

8.4.1 LTE-NR 同信道共享的射频指标 /198

8.4.2 NR UL 和 NR SUL 的切换时间 /200

8.5 其他射频指标 /200

参考文献 /201

第9章 上下行解耦外场测试 /202

9.1 测试环境 /202

9.2 上行覆盖对下行速率的影响 /204

9.3 室内覆盖测试 /205

9.4 室外覆盖测试 /207

第 10 章 上下行解耦技术的展望 /209

10.1 毫米波与上下行解耦 /209

10.1.1 上行功率控制 /211

10.1.2 上行载波选择 /213

10.1.3 上行定时和同步调整 /214

10.1.4 SUL 资源共享 /214

10.2 多 SUL 演进 /215

10.2.1 随机接入流程 /216

10.2.2 SUL 资源调度 /218

参考文献 /218

缩略语 /219

第1章 概 述

1.1 5G-NR的发展和背景

2012年7月,国际电信联盟无线电通信组(International Telecommunication Union Radio communication sector, ITU-R)启动了对2020年及未来的无线通信技术的研究,这也就是后来广为人知的国际移动通信 IMT-2020 (International Mobile Telecommunications 2020),随即在全球掀起了第五代移动通信技术(5th Generation, 5G)研究的热潮。在2013年至2015年期间,包括中国、欧洲、韩国、日本和美国在内的诸多国家和地区相继成立了5G推进组织和研究机构。各个国家及地区的研究组织对5G的应用场景和能力需求进行了广泛而深入的研究,为之后ITU-R确定5G愿景提供了有力的保障和参考。2015年,ITU-R综合各个国家及地区研究组织的研究成果,确定了5G愿景^[1]。

随着5G研究的不断成熟和完善,在2014年年末,对5G技术的研究逐渐从学术界延伸到工业界。在2015年ITU-R确定5G愿景的时候,第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)作为全球范围内最为支持5G研究的标准化组织之一,为了实现5G愿景,迅速启动了技术需求研究和应用场景调研。2015年9月,3GPP在北京举行了5G技术的研讨会,并在随后的2016年3月通过了5G研究的立项^[2],同时启动了5G新空口(5G New Radio, 5G-NR)的技术研究^[3]。业界、研究机构 and 高校都非常积极地投入到3GPP 5G-NR的研究当中,这为最终能够制定出广泛支持多种应用场景的无线接入技术方案打下了坚实的基础。

2018 年 3 月, 3GPP 完成了 5G-NR 第一个版本的非独立组网标准, 5G 独立部署版本在 2018 年 6 月冻结, 迎来了标准化的第一个里程碑。2018 年 9 月, 3GPP 向 ITU 提交了 5G 技术标准提案和初评报告, 5G 获得了全世界广泛的支持, 未来全球 5G 的部署将打开世界万物互联的大门, 而协作共赢也恰恰是 5G 部署中的重中之重。

1.1.1 5G 在国际范围内的研究

从 2013 年开始, 各个国家和地区的研究人员加大了对 5G 应用场景和关键技术的研究力度。在 ITU 开始 5G 愿景研究以后, 诸多国家及地区的推进组织和研究机构相继在中国、欧洲、韩国、日本和美国成立。这些组织从 5G 需求、应用场景和部署场景开始研究, 随后扩展到了关键技术和 5G 频谱。与此同时, 下一代移动通信网络 (Next Generation Mobile Networks, NGMN) 作为全球移动网络运营商联盟也从运营商的视角开始研究 5G 需求。

● 中国: IMT-2020 (5G) 推进组

2013 年 2 月, 中国的工业和信息化部、国家发展和改革委员会以及科学技术部共同组织成立了 IMT-2020 (5G) 推进组。该推进组由中国的运营商、网络设备商、研究机构和高校组成, 是中国推进 5G 研究的主要平台。

IMT-2020 (5G) 推进组在 2014 年 5 月发布了 5G 愿景白皮书^[4], 其中指出: 移动宽带和物联网将成为 5G 网络中两种重要的应用场景。一方面, 5G 将继续对移动宽带场景进行增强, 在多种环境中提供 1 Gbps 的用户体验速率; 另一方面, 5G 需要为物联网提供海量连接、低时延和高可靠的服务, 因而物联网将成为 5G 网络部署的新驱动者。中国 5G 白皮书最先给出了 5G 应用场景的概述, 随后 ITU-R 对该应用场景进行扩展并认定为 5G 的三大应用场景。

● 欧洲: 5G PPP

5G 基础设施建设中的政府和社会资本合作 (5G Infrastructure Public Private Partnership, 5G PPP) 是欧盟委员会和欧洲信息通信产业共同倡议的 5G 研究模式。5G PPP 的第一阶段是从 2015 年 7 月开始的, 并在 2017 年继续