



高等职业院校信息通信类规划教材

5G WANGLUO ZUJIAN YU WEIHU

5G网络组建与维护

贾跃 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



中国石化出版社有限公司

5G WANGLUO ZUJIAN YU WEIHU

5G网络组建与维护

董雷 编著



中国石化出版社有限公司
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

内 容 简 介

本书以实际工程项目为载体,分别对5G基站、核心网及承载网的组建与调试进行阐述,内容涉及5G全网拓扑结构的规划、5G网络设备的安装与连接、5G移动业务配置与测试。全书采用工作背景描述、专业知识储备、任务实施过程和成果验收评价的任务驱动形式,对5G关键技术及网络建设步骤进行了讲解,使读者能够直接、感性地学习5G移动通信技术,并在网络组建与测试的过程中应用所学知识,提升操作技能。

全书力求改变传统教材的知识体系结构,以5G网络组建与维护工作过程为框架,对知识和技能进行筛选组合,形成了既具有独立性,又彼此紧密相连的学习任务,实现了知识与技能的有机结合。本书可作为高职高专院校通信技术及相关专业学生的教材,也可作为通信行业中从事网络规划、建设、维护的工程技术人员培训教材或参考手册。

图书在版编目(CIP)数据

5G网络组建与维护 / 贾跃编著. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2022. 11

ISBN 978-7-5635-6781-2

I. ①5… II. ①贾… III. ①第五代移动通信系统—高等职业教育—教材 IV. ①TN929.538

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第196746号

策划编辑:马晓仟 责任编辑:廖娟 责任校对:张会良 封面设计:七星博纳

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号

邮政编码:100876

发行部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16

字 数:419千字

版 次:2022年11月第1版

印 次:2022年11月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-6781-2

定价:42.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

随着移动通信技术的发展以及 5G 系统在国内的普及与应用,移动通信网络正越来越广泛地影响着人们的日常生活。第五代移动通信系统(5G)是 4G 的延伸与发展,具有高速率、低时延、大容量等特征。在高速率方面,5G 网络速率可达 10 Gbit/s,是 4G 网络速率 100 Mbit/s 的 100 倍。在 5G 网络环境比较好的情况下,1 G 的电影 1~3 s 就能下载完,基本上不会超过 10 s。在低时延方面,人类眨眼的时间为 100 ms,而 5G 的时延已达到毫秒级别,仅为 4G 的十分之一。在大容量方面,5G 网络连接容量更大,即使 50 个客户在一个地方同时上网,也能有 100 Mbit/s 以上的速率体验。5G 采用了毫米波、微基站、新型多天线传输、波束赋形、上下行解耦、同时同频全双工、网络切片等技术,可用于增强移动带宽、低功耗大连接、低时延高可靠等不同的应用场景之中。

2019 年,工信部正式向中国电信、中国移动、中国联通、中国广电发放 5G 商用牌照,标志着我国移动通信进入了 5G 时代。5G 网络以前所未有的速度迅猛发展,截至 2020 年 6 月底,我国入网 5G 终端数达 6 600 万部,已有 178 款 5G 手机终端获得入网许可,5G 手机累计出货量超过 7 700 万部,基础电信企业在全国已建设开通 5G 基站超 40 万个。规模不断增大的 5G 移动网络需要大量工程技术人员进行系统规划、设备安装、业务配置、数据测试、性能评估及网络优化等工作。如今,我国 5G 网络建设已跻身国际前列,5G 的发展会进一步催生更多的产业,如无人驾驶、虚拟现实、增强现实、人工智能、远程医疗、车联网、云端机器人、智慧城市、工业互联网等。如果说 4G 通过高速上网改变了人们的生活方式,那么 5G 将会通过万物互联达到改变社会的愿景。

本书以实际工程项目为载体,分别对 5G 基站、核心网及承载网的组建与调试进行阐述,内容涉及 5G 全网拓扑结构的规划、5G 网络设备的安装与连接、5G 移动业务配置与测试。全书采用工作背景描述、专业知识储备、任务实施过程和成果验收评价的任务驱动形式,对 5G 关键技术及网络建设步骤进行了讲解,使读者能够直接、感性学习 5G 移动通信技术,并在网络组建与测试的过程中应用所学知识,提升操作技能。

本书共分为 7 个任务。其中,任务 1 介绍了移动通信的发展历程、5G 的标准演进与应用、5G 的频谱范围和频段、5G 网络的部署方式、5G 网络拓扑结构的规划;任务 2 介绍了 Option3X 网络结构、Option3X 基站及核心网设备的安装与连接;任务 3 介绍了灵活的正交频分复用、5G 新空口的协议栈和帧结构、Option3X 基站及核心网数据的配置;任务 4 介绍了

Option2 网络结构、Option2 基站及核心网设备的安装与连接；任务 5 介绍了 5G 的关键技术、Option2 基站及核心网数据的配置；任务 6 介绍了 TCP/IP 协议、光传送网络(OTN)、承载网设备的安装与连接；任务 7 介绍了交换和路由原理、VLAN 间路由、承载网数据的配置。

本书在编写过程中得到了领导、同事的支持与帮助,在此表示衷心感谢。由于作者时间和精力有限,书中难免存在疏漏与错误,恳请广大读者批评、指正。

作 者
2021 年 2 月

目 录

任务 1 规划 5G 全网拓扑结构	1
1.1 工作背景描述	1
1.2 专业知识储备	2
1.2.1 移动通信的发展历程	2
1.2.2 5G 的标准演进与应用	4
1.2.3 5G 的频谱范围和频段	8
1.2.4 5G 移动网的总体架构	13
1.2.5 5G 移动网的部署方式	13
1.2.6 基站与核心网的组成	16
1.2.7 承载网的拓扑结构	18
1.3 任务实施过程	22
1.3.1 5G 组网仿真软件简介	22
1.3.2 规划 5G 网络拓扑结构	23
1.4 成果验收评价	25
1.4.1 任务实施评价	25
1.4.2 思考与练习题	25
任务 2 安装 Option3X 基站及核心网设备	26
2.1 工作背景描述	26
2.2 专业知识储备	27
2.2.1 Option3X 网络结构	27
2.2.2 Option3X 核心网	27
2.2.3 Option3X 基站	28
2.3 任务实施过程	30
2.3.1 安装 Option3X 核心网设备	30

2.3.2	安装 Option3X 基站设备	36
2.4	成果验收评价	41
2.4.1	任务实施评价	41
2.4.2	思考与练习题	42
任务 3	配置 Option3X 基站及核心网数据	43
3.1	工作背景描述	43
3.2	专业知识储备	44
3.2.1	灵活的正交频分复用	44
3.2.2	5G 新空口的协议栈	47
3.2.3	5G 新空口的帧结构	51
3.3	任务实施过程	56
3.3.1	配置 Option3X 核心网数据	56
3.3.2	配置 Option3X 基站数据	70
3.3.3	测试 Option3X 基站及核心网	91
3.4	成果验收评价	92
3.4.1	任务实施评价	92
3.4.2	思考与练习题	92
任务 4	安装 Option2 基站及核心网设备	93
4.1	工作背景描述	93
4.2	专业知识储备	94
4.2.1	Option2 网络结构	94
4.2.2	Option2 核心网	95
4.2.3	Option2 基站	97
4.3	任务实施过程	98
4.3.1	安装 Option2 核心网设备	98
4.3.2	安装 Option2 基站设备	102
4.4	成果验收评价	106
4.4.1	任务实施评价	106
4.4.2	思考与练习题	107
任务 5	配置 Option2 基站及核心网数据	108
5.1	工作背景描述	108

5.2 专业知识储备	109
5.2.1 速率提升技术	109
5.2.2 频效提升技术	115
5.2.3 覆盖增强技术	115
5.2.4 低延时技术	119
5.2.5 灵活部署技术	120
5.3 任务实施过程	125
5.3.1 配置 Option2 核心网数据	125
5.3.2 配置 Option2 基站数据	154
5.3.3 测试 Option2 基站及核心网	172
5.4 成果验收评价	173
5.4.1 任务实施评价	173
5.4.2 思考与练习题	174
任务 6 安装承载网设备	175
6.1 工作背景描述	175
6.2 专业知识储备	175
6.2.1 TCP/IP 协议	175
6.2.2 光传送网络	182
6.2.3 承载网的组网方式	184
6.3 任务实施过程	185
6.3.1 安装承载网接入层设备	185
6.3.2 安装承载网汇聚层设备	185
6.3.3 安装承载网骨干汇聚层设备	191
6.3.4 安装承载网中心层设备	198
6.4 成果验收评价	204
6.4.1 任务实施评价	204
6.4.2 思考与练习题	205
任务 7 配置承载网数据	206
7.1 工作背景描述	206
7.2 专业知识储备	207
7.2.1 二层交换原理	207

7.2.2	三层路由原理	210
7.2.3	VLAN 间路由	215
7.3	任务实施过程	221
7.3.1	配置承载网接入层数据	221
7.3.2	配置承载网汇聚层数据	226
7.3.3	配置承载网骨干汇聚层数据	231
7.3.4	配置承载网中心层数据	235
7.3.5	配置核心网与承载网对接数据	239
7.3.6	测试承载网连通性和全网业务	243
7.4	任务实施过程	246
7.4.1	任务实施评价	246
7.4.2	思考与练习题	246
参考文献		247

任务 1 规划 5G 全网拓扑结构

【学习目标】

- 了解移动通信的发展和 5G 的应用场景
- 掌握 5G 频谱和频段的划分和部署方式
- 了解 5G 基站、核心网及承载网的结构
- 完成 5G 基站、核心网及承载网的拓扑规划

1.1 工作背景描述

规划是组建移动通信网络的第一步,也是关键的一步。5G 全网由无线接入网(俗称基站)、核心网以及承载网三个部分组成,其中基站与核心网统称为移动网络。无线接入网及核心网的规划包括了网络部署方式选择、网络拓扑结构设计、无线覆盖及容量规划、核心网吞吐量计算、无线站点选址等;承载网的规划包括了 IP 承载拓扑规划、IP 承载网容量计算和光传送网(Optical Transport Network,OTN)规划等。本次任务使用 5G 组网仿真软件规划 5G 全网的拓扑结构,为后续网络组建与业务开通打下基础。规划针对四水、建安和兴城三座城市进行,如图 1-1 所示。其中,建安市基站部署在人口密集的高层住宅区;兴城市基站部署在繁华的中心商务区;四水市基站部署在城郊幽静的旅游休闲区。

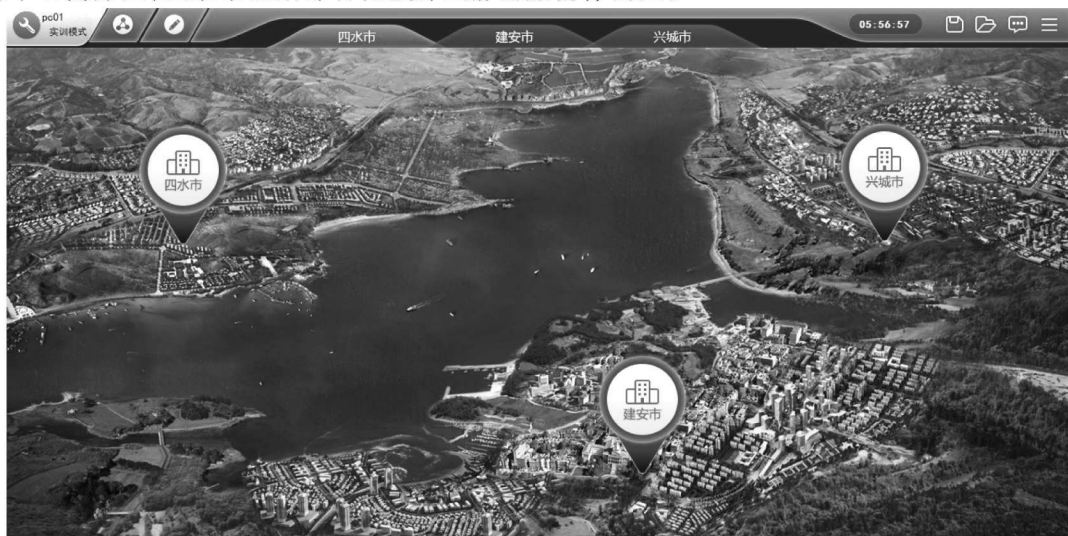


图 1-1 需要规划的三座城市

1.2 专业知识储备

1.2.1 移动通信的发展历程

移动通信是移动体之间或移动体与固定体之间的通信方式。移动体可以是人,也可以是汽车、火车、轮船、飞机等在移动状态中的物体。移动通信的发展历史可以追溯到 19 世纪。1864 年,麦克斯韦从理论上证明了电磁波的存在。1876 年,赫兹用实验证实了电磁波的存在。1896 年,马可尼在英国进行的 14.4 千米通信试验获得成功,从此世界进入了无线电通信的新时代。现代意义上的移动通信开始于 20 世纪 20 年代初期,至今已经历了五个阶段的演变,如图 1-2 所示。

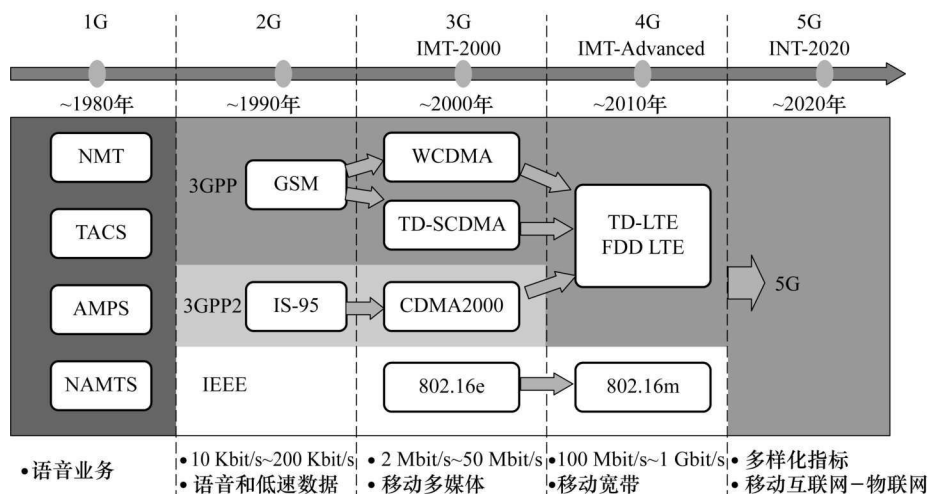


图 1-2 移动通信的发展历程

1. 第一代移动通信系统

第一代移动通信系统(1G)是采用蜂窝技术组网、仅支持模拟语音通信的移动电话系统。1978 年年底,美国贝尔实验室成功研制了全球第一个移动蜂窝电话系统(Advanced Mobile Phone System, AMPS)。1983 年,AMPS 在美国芝加哥正式投入商用并迅速在全美推广。与此同时,欧洲各国也纷纷建立起自己的第一代移动通信系统。如瑞典、丹麦、挪威、芬兰等北欧四国于 1980 年研制成功了 NMT-450 网络;德国于 1984 年完成了 C 网络(C-Netz);英国于 1985 年研制出频段在 900 MHz 的全接入移动通信系统(Total Access Communications System, TACS)。1979 年,日本推出中规模移动电话系统 NAMTS,整体技术参考于欧洲所研发的 NMT。我国的第一代模拟移动通信系统于 1987 年 11 月 18 日开通并正式商用,采用的是英国 TACS 制式。从 1987 年 11 月中国电信开始运营,到 2001 年 12 月底中国移动关闭模拟移动通信网,1G 时代在中国的应用长达 14 年之久。第一代移动通信系统的各种标准彼此不能兼容,无法互通,不支持移动通信漫游,只是一种区域性的移动通信系统。

2. 第二代移动通信系统

由于模拟移动通信系统本身的缺陷,如频谱效率低、网络容量有限、业务种类单一、保密性

差等,使得其无法满足人们的需求。20世纪90年代初期,开发了基于数字技术的移动通信系统,即第二代移动通信系统(2G)。最具代表性的是欧洲的全球移动通信系统(Global System of Mobile communication,GSM)和美国的码分多址(Code Division Multiple Access,CDMA)IS-95系统,这两大系统在当时世界移动通信市场占据了主要的份额。1995年,我国正式进入2G时代,采用了GSM系统。2002年,中国联通正式开通CDMA网络并投入商用。

第二代移动通信系统的核心网以电路交换为基础,语音业务仍然是其主要承载的业务。但随着各种增值业务的不断出现,第二代移动通信系统也可以传输低速的数据业务。从2G发展到3G有一段过渡时期,即2.5G和2.75G。其中,2.5G为通用分组无线业务(General Packet Radio Service,GPRS),它是基于GSM的无线分组交换技术,提供端到端、广域的无线IP连接,网络容量根据需要进行再分配,不需要时就释放,传输速率150 Kbit/s;2.75G为增强数据速率GSM演进(Enhanced Data rates for GSM Evolution,EDGE),它是基于GSM/GPRS网络的数据增强型移动通信技术,传输速率384 Kbit/s。

3. 第三代移动通信系统

随着社会经济的发展,人们对数据通信业务的需求日益增高,已不再满足于以话音业务为主的移动通信服务。第三代移动通信系统(3G)是在第二代移动通信技术基础上进一步演进产生的,以宽带CDMA技术为主,能同时提供话音和数据业务。3G与2G最大的区别是传输速率上的提升,它能够在全球范围内更好地实现无线漫游,并处理图像、音乐、视频流等多种媒体形式,提供包括网页浏览、电话会议、电子商务等多种信息服务,同时考虑了与已有第二代移动通信系统的良好兼容。我国于2009年颁发了3G牌照,即中国电信运营的CDMA2000(Code Division Multiple Access 2000)、中国联通运营的WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)和中国移动运营的TD-SCDMA(Time-Division Synchronous Code Division Multiple Access)。这也是国际电信联盟(International Telecommunication Union,ITU)发布的三种主要的3G移动通信标准。

TD-SCDMA由我国信息产业部电信科学技术研究院提出,采用不需要成对频谱的时分双工方式,以及频分、时分、码分相结合的多址接入技术,载波带宽为1.6 MHz,适合支持上下行不对称业务。TD-SCDMA系统还采用了智能天线、同步CDMA、自适应功率控制、联合检测及接力切换等技术,使其具有频谱利用率高、抗干扰能力强、系统容量大等特点。WCDMA源于欧洲,其核心网采用基于演进的GSM/GPRS网络技术,载波带宽为5 MHz,可支持384 Kbit/s~2 Mbit/s数据传输速率。在同一传输信道中,WCDMA可同时提供电路交换和分组交换的服务,提高了无线资源的使用效率。WCDMA支持同步/异步基站运行模式、采用上下行快速功率控制、下行发射分集等技术;CDMA2000由美国高通公司为主导提出,是在IS-95基础上的进一步发展,空中接口保持了许多IS-95空中接口的特征,同时为了支持高速数据业务,采用了前向发射分集、前向快速功率控制、增加快速寻呼信道和上行导频信道等技术。

与2G到3G一样,3G到4G也存在过渡时期,即3.5G、3.75G。其中,3.5G为高速下行链路分组接入(High Speed Downlink Packet Access,HSDPA),它是WCDMA技术的延伸,在WCDMA下行链路中提供分组数据业务,在5 MHz带宽上的传输速率可达8~10 Mbit/s;3.75G为高速上行链路分组接入(High Speed Uplink Packet Access,HSUPA),它是因HSDPA上行传输速率不足而开发的,在5 MHz带宽上的传输速率可达10~15 Mbit/s,上行传输速率可达5.76 Mbit/s。

4. 第四代移动通信系统

尽管 3G 能同时提供语音和数据业务,但仍存在很多不足,如采用电路交换,而不是纯 IP (Internet Protocol)方式;最大传输速率达不到 2 Mbit/s,无法满足用户高带宽要求;多种标准难以实现全球漫游等。正是由于 3G 的局限性推动了第四代移动通信系统(4G)的研发和应用。2013 年,工信部向中国移动、中国电信、中国联通正式发放了第四代移动通信业务 TD-LTE 牌照,中国联通与中国电信还获得了 FDD-LTE 牌照,4G 在我国开始了商业化运行。中国移动获得了 130 MHz 频谱资源,中国电信和中国联通分别获得了 40 MHz 频谱资源,三大运营商 4G 基站总数量大概为 500 万个。

4G 包括时分双工长期演进(Time Division Duplex-Long Term Evolution, TD-LTE)和频分双工长期演进(Frequency Division Duplex-Long Term Evolution, FDD-LTE)两种制式,实现了全网 IP 化,采用正交频分多址接入(Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA)、多载波调制、自适应调制和编码(Adaptive Modulation and Coding, AMC)、多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)、智能天线等技术,能够快速传输高质量的音频、视频和图像。4G 研究的最初目的就是提高蜂窝电话和其他移动装置无线访问网络的速率,理论上能以 100 Mbit/s 的速率下载,以 20 Mbit/s 的速率上传。从全球范围测试和运行的结果看,4G 网络速率大约比 3G 网络快 10 倍,意味着能够传输高质量图像和视频,效果与高清晰度电视不相上下。

5. 第五代移动通信系统

第五代移动通信系统(5G)是 4G 的延伸与发展,具有高速率、低时延、大容量等特征。在高速率方面,5G 网络速率可达 10 Gbit/s,是 4G 网络速率 100 Mbit/s 的 10 倍。在 5G 网络环境比较好的情况下,1 GB 的电影 1~3 s 就能下完,基本上不会超过 10 s;在低时延方面,人类眨眼的时间为 100 ms,而 5G 的时延已达到毫秒级别,仅为 4G 的十分之一;在大容量方面,5G 网络连接容量更大,即使 50 个客户在一个地方同时上网,也能有 100 Mbit/s 以上的速率体验。5G 采用了毫米波、微基站、新型多天线传输、波束赋形、上下行解耦、同时同频全双工、网络切片等技术,可适用于增强移动带宽、低功耗大连接、低时延高可靠等不同的应用场景之中。2019 年,工信部正式向中国电信、中国移动、中国联通、中国广电发放 5G 商用牌照,标志着我国移动通信进入了 5G 时代。

从某种意义上说,通信技术的演进史也是社会发展的演变史,每一次通信技术的变革都会给人们的生活带来便利,对社会的影响也是巨大的。1G 为模拟时代,实现了基本的语音需求;2G 进入了数字时代,手机可以实现简单上网,如 QQ 聊天、发送文字和图片;3G 进入了移动多媒体时代,手机不仅可以语音通话、发送简单的文字和图片,还可以看视频,同时也催生出智能手机的出现;4G 进入了高速上网时代,手机可以看高清视频,改变了人们的生活方式;5G 进入了万物互联时代,实现了人与人、人与物、物与物之间的通信,催生出更多的产业,如无人驾驶、虚拟现实(Virtual Reality, VR)和增强现实(Augmented Reality, AR)、人工智能(Artificial Intelligence, AI)、远程医疗、车联网、云端机器人、智慧城市、无人工厂等,实现了改变社会的愿景。

1.2.2 5G 的标准演进与应用

1. 5G 的发展方向和特点

第五代移动通信(5G)是最新一代的蜂窝移动通信技术,也是继 GSM(2G)、WCDMA

(3G)和 LTE(4G)系统之后的延伸。每一代移动通信技术都有其自身的发展方向,如图 1-3 所示。1G 实现了移动电话;2G 实现了短信、数字语音和手机上网;3G 带来了基于图片的移动互联网;4G 推动了移动视频的发展;5G 是未来物联网、车联网等万物互联的基础。

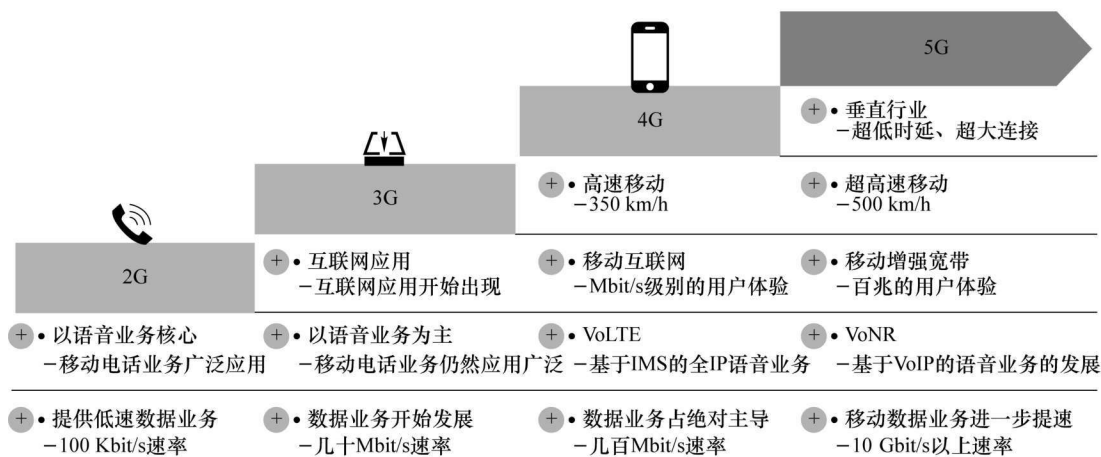


图 1-3 移动通信的发展目标

为实现万物互联的目标,5G 应具备极高的速率、极大的容量和极低的时延三大特点。在速率方面,与 4G 相比,5G 的传输速率提升了 10~100 倍,峰值传输速率可达 10 Gbit/s;在容量方面,与 4G 相比,5G 的连接设备密度增加了 10~100 倍,流量密度提升了 1 000 倍,频谱效率提升了 5~10 倍,能够在 500 km/h 的速度下保证用户体验;在时延方面,3G 端到端响应为 500 ms,4G 端到端响应为 50 ms,而 5G 端到端响应为 5 ms,时延达到了毫秒级。

2. 5G 的三大应用场景

与极高速率、极大容量和极低时延的特点相对应,5G 可应用于三大场景之中,即增强移动宽带(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、海量机器类通信(Massive Machine Type Communication, mMTC)、超高可靠低时延通信(Ultra Reliable Low Latency Communication, uRLLC),如图 1-4 所示。

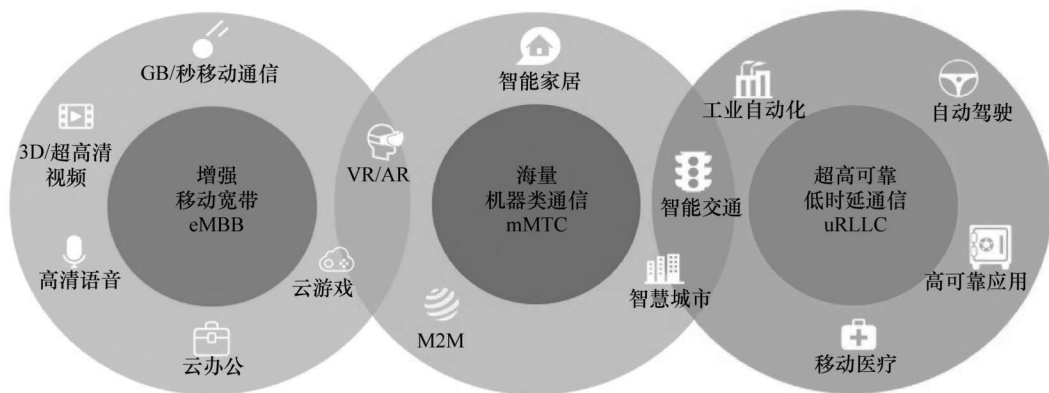


图 1-4 5G 的三大应用场景

增强移动宽带(eMBB)主要面向 3D、超高清视频等大流量移动宽带业务,除了在 6 GHz 以下的频谱发展相关技术外,还会使用 6 GHz 以上的频谱。小型基站将会是发展 eMBB 的重

要设备,目前 6 GHz 以下的频谱大多是以使用大型基站的传统网络模式为主,而 6 GHz 以上频谱的毫米波技术则需要小型基站来提升速率。

海量机器类通信(mMTC)主要面向大规模物联网业务,使用 6 GHz 以下的频段。目前,主要应用是窄带物联网(Narrow Band Internet of Things, NB-IoT)。以往被普遍采用的 WiFi、ZigBee、蓝牙等属于家庭用的小范围技术,回传线路主要靠 LTE。随着大范围覆盖的 NB-IoT、远距离无线电(Long Range Radio, LoRa)等技术标准的出现,可望让物联网的发展更为广阔。

超高可靠低时延(uRLLC)主要面向无人驾驶、工业自动化等需要低时延、高可靠连接的业务。在智慧工厂中,大量的机器都安装了传感器,检测信号从传感器到达后端网络进行分析判断,后端网络再将指令传回机器本身。若以现有的网络进行传输,这一过程将产生明显延迟,可能引发安全事故。因此,URLLC 将网络等待时间的目标压低至 1 毫秒以下。

3. 5G 协议的标准化进程

通信技术标准是指通信生产、通信建设以及一切通信活动中共同遵守的技术规定。生活中,人们使用的通信设备可能来自不同的公司,只有按照预先定义好的标准进行研发,才能保证网络中各个设备的互联互通。移动通信系统的建立与应用大体包括三个步骤:首先,国际电信联盟(ITU)制定新系统的需求,各大公司和组织开始技术研究,验证各种技术的可行性并且向标准化组织提交方案;然后,标准化组织通过会议协商选定合适的技术,并将其指定为标准;最后,各个设备公司基于标准开放对应的产品,把产品销售给通信网络运营公司,进行网络部署,并提供通信服务。可以说,通信技术标准就是通信产业的制高点,谁掌握了标准,谁就掌握了话语权。

目前,在移动通信领域,国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)和第三代合作伙伴计划(the 3rd Generation Partner Project, 3GPP)是两个非常重要的国际标准化组织。ITU 负责定义 5G 愿景和网络关键能力指标,制定 5G 网络的需求;3GPP 负责具体的标准化工作,制定和发布技术规范和技术报告,联合各大设备厂商以及通信运营商共同制定 5G 的协议标准。3GPP 是一个成立于 1998 年 12 月的标准化组织,是目前最重要的移动通信标准化组织之一,其成员包括部分区域和国家电信标准化机构,以及各大设备商和运营商。3GPP 的标准演进工作是以 GSM 为基础进行的,成功地实现了从 2G 到 3G、4G 和 4.5G 的演进,对应的版本也从 R99 演进到 R13 和 R14,目前正在加紧制定 5G 标准。

5G 国际标准的制定是一个复杂的系统工程,考虑到技术复杂度以及尽可能快地推向市场,5G 协议制定分为 5G Phase 1 和 5G Phase 2 两个阶段,分别对应两个协议版本 R15 和 R16,如图 1-5 所示。R15 版本定义 eMBB 业务场景的相关标准,已经于 2018 年 6 月协议冻结。R16 版本主要定义 mMTC 和 uRLLC 两个业务场景,已经于 2020 年 6 月协议冻结,至此 5G 国际标准可以提供全业务场景 eMBB、mMTC、uRLLC 的支持能力,并已经于 2020 年实现全球商用。

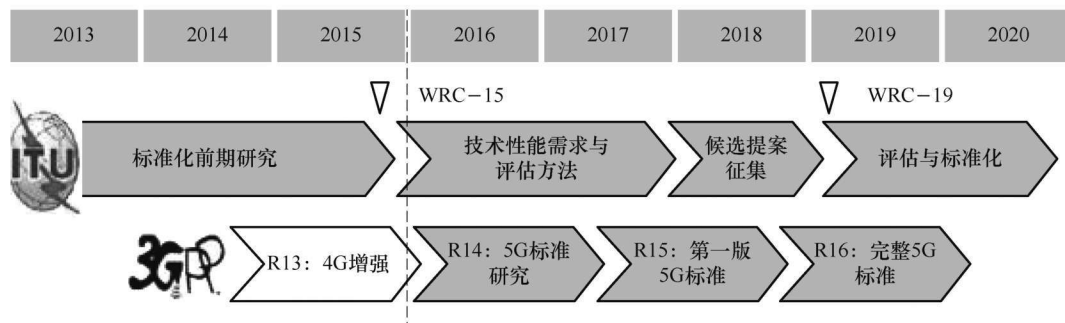


图 1-5 5G 国际标准制定规划

2015年9月,我国表态力争在2020年实现5G网络商用。我国5G技术研发总体规划与3GPP标准化同步,分为技术研发试验和产品研发试验两个阶段,如图1-6所示。

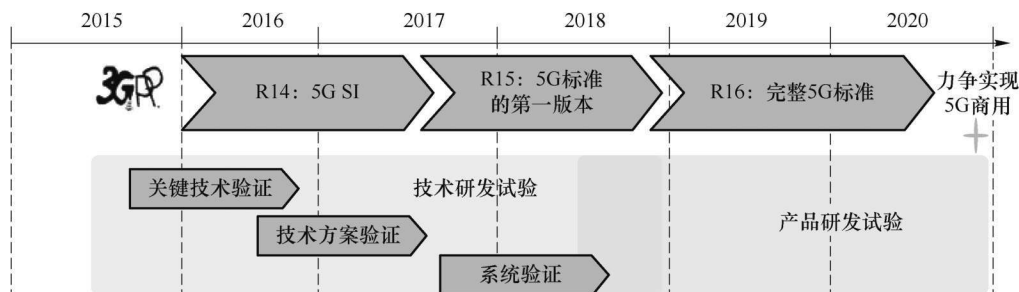


图 1-6 我国 5G 技术研发规划

技术研发试验(2015—2018年)由中国信息通信研究院牵头组织,运营企业、设备企业及科研机构共同参与,分为关键技术验证、技术方案验证和系统验证三个步骤实施。其中,关键技术验证开展单点关键技术样机功能和性能测试;技术方案验证针对不同厂商的技术方案,基于统一频率、统一规范,开展单基站性能测试及无线接入网和核心网增强技术的功能、性能和流程测试;系统验证开展5G系统的组网技术功能和性能测试以及5G典型业务演示;产品研发试验(2018—2020年)由国内运营企业牵头组织,设备企业及科研机构共同参与。

4. 5G 的未来应用领域

(1) 高清移动视频

视频流的传输速度可能是5G网速最直观的反应。在5G时代,3D视频,4K甚至8K视频的实时传输成为一种可能。

(2) 云服务

云服务在4G时代已经得到发展,但碍于传输速度的问题,云服务大部分的功能只是存储。而在5G时代,我们的工作、生活、娱乐等都可以交给云。

(3) 无人驾驶

5G网络的超低延时,使得无人驾驶技术更加安全,网络指令可以更快地传达到各个部位,5G时代无人驾驶技术将得到质的飞跃。

(4) 智能家居

目前,智能家居已经走进人们的视野。在5G时代,远程控制、可视化、万物互联成为可能,智能家居将逐渐进入人们的生活。

(5) 虚拟现实和增强现实

在5G高速的网络传输速率下,虚拟现实(Virtual Reality, VR)和增强现实(Augmented Reality, AR)可以让用户体验身临其境的感觉。

① 虚拟现实。虚拟现实技术是仿真技术的一个重要方向,是仿真技术与计算机图形学人机接口技术、多媒体技术、传感技术、网络技术等多种技术的集合,是一门富有挑战性的交叉技术前沿学科和研究领域。虚拟现实技术(VR)主要包括模拟环境、感知、自然技能和传感设备等方面。模拟环境是由计算机生成的、实时动态的三维立体逼真图像;感知是指理想的VR应该具有人所具有的感知。除计算机图形技术所生成的视觉感知外,还有听觉、触觉、力觉、运动等感知,甚至还包括嗅觉和味觉等,也称为多感知;自然技能是指人的头部转动,眼睛、手

势或其他人体行为动作,由计算机来处理与参与者的动作相适应的数据,对用户的输入作出实时响应,并分别反馈到用户的五官;传感设备是指三维交互设备。

② 增强现实。增强现实技术是一种将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术,是把原本在现实世界的一定时间、空间范围内很难体验到的实体信息(视觉信息、声音、味道、触觉等),通过计算机等科学技术,模拟仿真后再叠加,将虚拟的信息应用到真实世界,被人类感官所感知,从而达到超越现实的感官体验。真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存在。增强现实技术,不仅展现了真实世界的信息,而且将虚拟的信息同时显示出来,两种信息相互补充、叠加。在视觉化的增强现实中,用户利用头盔显示器,把真实世界与计算机图形重合成在一起,便可以看到真实的世界围绕着他。增强现实技术包含了多媒体、三维建模、实时视频显示及控制、多传感器融合、实时跟踪及注册、场景融合等新技术与新手段。增强现实提供了在一般情况下,不同于人类可以感知的信息。

1.2.3 5G 的频谱范围和频段

1. 全球 5G 频谱的分配

任何无线通信技术都基于电磁波,都有属于自己的频谱范围(Frequency Range,FR),频谱范围决定了无线技术的特性。根据 3GPP R15 版本的定义,5G 新空口(New Radio,NR)包括了两大频谱范围,如图 1-7 所示。FR1 从 450 MHz 到 6 000 MHz,通常指的是低于 6 GHz 的 5G 频段,即 Sub6G;FR2 从 24 250 MHz 到 52 600 MHz,通常指的是毫米波(mmWave)。

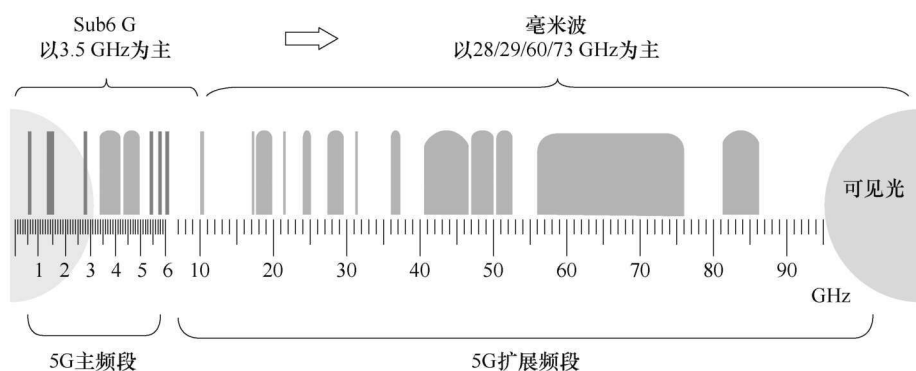


图 1-7 全球 5G 频谱的分配情况

2. 我国 5G 频谱的分配

目前,我国已向中国移动、中国联通、中国电信和中国广电发放了 5G 商业牌照。频谱分配情况如图 1-8 所示。其中,中国移动获得了 2 515~2 675 MHz 以及 4 800~4 900 MHz 共 260 MHz 带宽;中国联通获得了 3 500~3 600 MHz 共 100 MHz 带宽;中国电信获得了 3 400~3 500 MHz 共 100 MHz 带宽;中国广电获得了 4 900~4 960 MHz 共 60 MHz 带宽以及 700 MHz 频段。室内无线通信使用 3 300~3 400 MHz 共 100 MHz 带宽的频谱资源。

3. 5G 频段的划分

3GPP 将 FR1 和 FR2 两个频谱范围进一步划分为频段,每个频段都有一个频段号,以“n”开头。FR1 中的频段号从 1 到 255,FR2 中的频段号从 257 到 511,如表 1-1 和表 1-2 所示。