

提供方：

QORVO

all around you

5G RF

for
dummies[®]



了解不同的
5G 使用案例

从 RF 的角度
探讨 5G

将 4G LTE 创新
用于 5G

Qorvo 专版

Lawrence Miller

关于 Qorvo

Qorvo®（纳斯达克代码：QRVO）长期坚持提供创新的射频解决方案以实现更加美好的互联世界。我们结合产品和领先的技术优势、以系统级专业知识和全球性的制造规模，快速解决客户最复杂的技术难题。Qorvo 服务于全球市场，包括先进的无线设备、有线和无线网络和防空雷达及通信系统。我们在这些高速发展和增长的领域持续保持着领先优势。我们还利用我们独特的竞争优势，以推进 5G 网络、云计算、物联网和其他新兴的应用市场以实现人物、地点和事物的全球互联。访问 www.qorvo.com，了解 Qorvo 如何创造美好的互联世界。



5G RF

Qorvo 专版

作者： Lawrence Miller

for
dummies[®]

5G RF For Dummies®, Qorvo 专版

出版商:

约翰·威利父子公司

111 River St.

Hoboken, NJ 07030-5774

www.wiley.com

新泽西州霍博肯市约翰·威利父子公司版权所有 © 2017

非经出版商事先书面准许,不得复制本出版物的任何部分,或将其保存于检索系统,或以电子、机器印刷、影印、录制、扫描等形式或方式传播,但根据《1976年美国版权法》第107条或108条规定获得准许的情况除外。需要向出版商申请批准的,应将申请发送至:Permissions Department, John Wiley & Sons, Inc., 地址:111 River Street, Hoboken, NJ 07030, 电话:(201) 748-6011, 传真:(201) 748-6008, 也可在线提交, 网址:<http://www.wiley.com/go/permissions>。

以下商标:威利(Wiley)、傻瓜书(For Dummies)、傻瓜书人像标识(Dummies Man)、傻瓜书之路(The Dummies Way)、Dummies.com、让一切变得更简单(Making Everything Easier)以及相关商业外观均为约翰·威利父子公司和/或其在美国和其他国家关联机构的商标或注册商标,未经书面准许,不得使用。所有其他商标分别归属于各自所有者。约翰·威利父子公司与书中提及的任何产品或销售商之间不存在任何关系。

责任限制/保证责任免责声明:本书出版商及作者对于本书内容的准确性或完整性不做任何声明或保证,并且特别声明免除一切保证责任,包括但不限于对特定用途的适用性保证。不得因为销售或促销资料而形成或扩展任何保证责任。书中提出的建议和策略不一定适合所有情况。本书在销售时,即已理解 QORVO 和出版商均不提供任何法律、会计或其他专业服务。如需专业服务,应当寻求有资格的专业人士。无论出版商还是作者,对本书所产生的任何损害均不承担任何赔偿责任。书中提及某个组织或网站作为引证和/或潜在补充信息来源的,这种情况并不表明作者或出版商认可该组织或网站所提供的信息或建议。此外,读者应当认识到,在作品成书与读者读到这段期间,书中出现的网站可能已经变更或不复存在。

ISBN 978-1-119-46713-7 (pbk); ISBN 978-1-119-46715-1 (ebk)

美国制造

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

关于我们其他产品和服务的一般信息,或者如何为您的企业或组织定制傻瓜书,请联系我们在美国的业务发展部,电话:877-409-4177, 电子邮件:info@dummies.biz, 网址:www.wiley.com/go/custompub。关于如何为产品或服务申请傻瓜书品牌许可,请联系:BrandedRights&Licenses@Wiley.com。

出版商鸣谢

为本书上市做出贡献的部分人员有:

项目编辑: Elizabeth Kuball

排印编辑: Elizabeth Kuball

执行编辑: Katie Mohr

编辑经理: Rev Mengle

业务开发代表: Karen Hattan

生产编辑: Tamilmani Varadharaj

特别援助: David Schnauffer、Rob Christ、Paul Cooper、Frank Azcuay、Bror Peterson、Scott Vasquez、Stephanie Orr、Lawrence Tao

目录

引言	1
关于本书	1
傻瓜式假设	2
书中符号	2
书本之外	2
第 1 章： 了解正在改变互联世界的愿景和趋势	3
了解推动 5G 愿景的当前趋势	3
4G 与 5G 系统要求对比	5
第 2 章： 识别 5G 使用案例	9
大规模物联网 (IoT)	10
任务关键型服务	12
增强型移动宽带	13
第 3 章： 了解 5G 频谱	15
了解频谱	15
4G 与 5G 频谱对比	18
第 4 章： 利用 RF 通信技术实现 4G 和 5G	21
4G：由来已久的产物	21
载波聚合	24
4x4 下行链路 MIMO 和 256QAM	25
小基站与密集化	27
高性能用户设备 (HPUE)	27
窄带物联网 (NB-IoT)	28
实现 5G 的 RF 技术、封装和设计	29
5G 始于载波网络	31
有源天线系统 (AAS) / 全维度多路输入 / 多路输出 (FD-MIMO)	32

第 5 章：	迈向未来 5G 之路的十大里程碑	35
	利用当前的 4G 蜂窝基础设施	35
	大幅拓宽可用频谱范围	36
	扩展载波聚合	36
	提高密集化	36
	部署大规模多路输入/多路输出 (MIMO).....	36
	实现车辆对外界 (V2x) 通信.....	37
	通过固定无线接入提供更多选项	37
	手机用作连接枢纽	37
	有源天线系统	37
	低延迟：增强现实 (AR)、虚拟现实 (VR)、车辆对外界 (V2x) 以及任务关键型服务的关键	38
术语表		39

引言

从

无人驾驶汽车和智能家居到挽救生命的纳米生物技术和智能城市，如今行业内有许多关于各种全新物联网 (IoT) 应用的热点话题，而 5G 便是将使这些智能连接设备实现美好互联的秘密武器。

构建在 4G LTE 基础之上的新一代 5G 移动网络将悄然而至，凭借无处不在的高速连接引领新一波颠覆性的技术创新浪潮。5G 将改变整个行业，并从几乎任何地方、在任何设备或传感器上实现灵活的高速大容量互联网连接。

关于本书

5G RF For Dummies (Qorvo 专版) 包含五个简短的章节，探讨了以下话题：

- » 推动我们迈向未来 5G 的愿景和趋势 (第 1 章)
- » 5G 技术如何以灵活多样的方式实现众多行业的紧密互联 (第 2 章)
- » 相比当前的技术，5G 如何更高效地使用并重塑频谱 (第 3 章)
- » 支持使用案例和迈向 5G 之路的 RF 通信技术 (第 4 章)
- » 5G 未来发展过程中的重要里程碑 (第 5 章)

本书最后还提供术语表，便于您在遇到不懂的技术缩略词或概念时进行查询。

傻瓜式假设

之前提到，大多假设已不再关乎使用，尽管如此，我仍然做出以下假设。我主要假设您是移动通信行业的利益相关者，并且长期关注 4G 和 5G 网络和技术。您可能是工程师、设计架构师、技术员、销售人员或投资者。我还假设您对移动通信行业和射频 (RF) 技术有一定的了解。因此，本书的主要受众为了解一定技术的读者。

果真如此的话，本书正适合您！如果都没猜中，您也要读下去！这本书很有用，读完后，您会对 5G 有一个初步的了解！

书中符号

在书中，我偶尔会使用一些特殊符号，以引起读者注意一些重要信息。这些符号如下：



记住

这个符号指示的信息可能值得您牢记，就像记住某些周年纪念日 and 某人生日一样重要！



技术内容

您不会在这里看到人类基因图谱，不过这个符号解释术语中的术语——所谓“技术宅”或“传奇”就是靠它炼成的。



提示

提示是意外的收获，我当然希望这些提示会对您有用！这个符号所指的是一些实用内容。

书本之外

虽然本书信息庞杂，但在短短 48 页内，我只能写出这么多。所以，如果您想：“老天，这本书棒极了，我哪里才能学到更多？”您只需访问网站 <http://cn.qorvo.com/innovation/5g>。

第 1 章

了解正在改变互联世界的 愿景和趋势

在

本章中，您将了解企业和消费者的趋势和机会如何推动蜂窝网络成为互联世界的平台，以及使其为现实所需的技术要求上的巨大飞跃。

了解推动 5G 愿景的当前趋势

移动通信现在已成为我们关键基础设施和日常生活的重要组成部分，这一点可能显而易见，也许您正在用智能手机通话或发短信而没有注意到。数据流量需求正以惊人的速度增长。根据 2016 年 6 月的《爱立信移动研究报告》，2015 年每月的移动数据流量从每月 3.5 艾字节 (EB) 增加到每月 5.5 EB，增幅达到 57%。2011 年以来，这一大幅逐年增长趋势一直稳步持续，部分原因是移动订阅服务的复合年增长率 (CAGR) 达到了 5%，但主要原因是智能手机

用户每用户流量的年复合增长率达到了 35%。我们预计普通智能手机用户每月的流量使用量将从 2015 年的 1.4 吉字节 (GB) 增加到 2021 年的近 9 GB。

运营商如今面临的挑战是如何满足这种日益增长的需求，同时保持每个用户的成本相对不变。为了实现这一点，蜂窝网络必须迅速密集化并创造新的高价值服务，同时最大限度减少运营和资本支出成本。

嘿，请等一等，我们需要的更多！蜂窝网络将转变为所有人与万物互联的中心平台。物联网 (IoT) 和机对机 (M2M) 通信正在帮助推动这一趋势。Gartner 预测，到 2020 年，将有近 210 亿个互联的 IoT 设备，而爱立信则预测，到 2021 年，每月的数据流量将超过 50 EB。



记住

1 太字节 (TB) 约等于 1,000 吉字节 (GB); 1 拍字节 (PB) 约等于 1000 TB; 1 艾字节 (EB) 约等于 1,000 PB (或 10 亿 GB)。举例来说，达到正片长度的 1080p 高清 (HD) 电影需要约 3 GB 的数据。

但是通过提供额外的网络容量来满足需求只是 5G 技术的一个目标。5G 网络的速度也会超快 — 比当今最快的移动网络快 10 到 20 倍。从社交媒体帖子和点播电影到视频通信 (比如 Web 实时通信或简称为 WebRTC) 和安全监控摄像头，各类视频的使用日益增加，而这一趋势正在推动对移动网络速度的需求。思科的 *Visual Networking Index* 预测，到 2020 年，移动视频流量将占有所有移动数据流量的 75%。

结合高速度，5G 网络的低延迟 — 比如今的移动网络延迟低 50 倍 — 将实现以下 5G 应用：

- » 无人驾驶汽车的安全性及防撞系统
- » 远程医疗服务和紧急响应
- » 可实现高清沉浸式交互体验的虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR)

当然，并不是所有的移动应用都需要高速和低延迟。事实上，这突出了将蜂窝网络转变为各种应用和服务的高效平台的主要挑战之一：5G 网络必须可扩展且高效 — 根据不同应用的独特需求，匹配相应的射频 (RF) 和物理层协议。为实现这一转变，5G 网络将利用更广泛的频段、功率水平、调制和成帧协议以及空间复用、波束成形和干扰协调技术。从 RF 角度而言，5G 无线电将需要具备宽带、多模和高度集成等特性。

最后，5G 网络将提供无处不在的连接，包括在大型建筑等具有挑战性的环境、工业和制造环境、拥堵地区、偏远地区（陆上和海上）以及飞机、火车和汽车等高速运输环境中（见图 1-1）。

从智能手机到万物智能

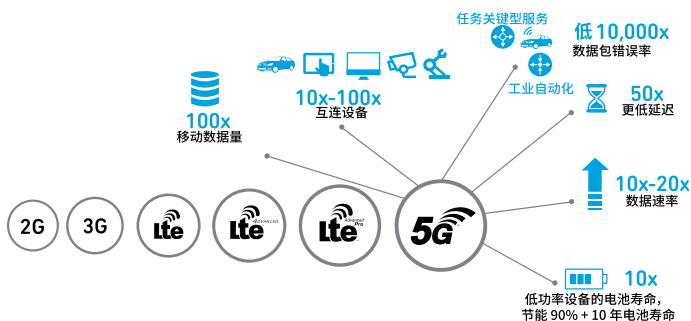


图 1-1: 5G 超大宽带，无处不在

4G 与 5G 系统要求对比

5G 不只是 4G 的逐步改进 — 它是移动通信技术的下一次重大演进，其性能相比当今网络将提升几个数量级。5G 并不会取代 4G，它只是促成 4G 所无法完成的各种任务。4G 网络将继续与 5G 网络同步发展，以支持更多的日常任务。当今世界的国民经济发展由先进的通信网络推动，5G 将实现的服务有待构想。

5G 技术的特性如下：

- » **增强型移动宽带 (eMBB)**，需要数百 MHz 的通道带宽，使用新的移动无线频率 — 从 2.5 GHz/3.5GHz 到几十 GHz 乃至毫米波 (mmWave) 频谱
- » **异常高效处理数据流**，充分利用载波聚合 (CA) 和大规模多路输入/多路输出 (MIMO)
- » **固定无线接入**，提供更多选择，让千家万户和公司企业实现 20 Gbps 的连接速度。
- » **无线基础设施**，使用波束控制和高功率氮化镓 (GaN)，非常适合于自适应阵列可转向天线
- » **低延迟**，可实现实时连接，促进无人驾驶汽车和增强现实/虚拟现实的发展
- » **物联网 (IoT)**，未来十年内可实现 1 万亿台以上设备与互联网连接，数据速率极低，电池寿命超过十年，通信距离最长

图 1-2 比较了 4G 与 5G 技术的性能特点和技术规格

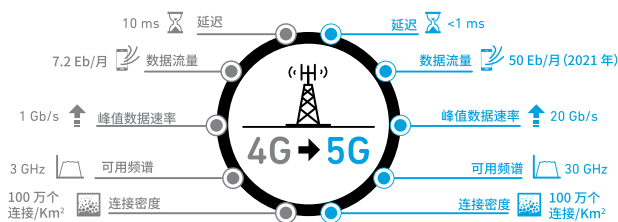


图 1-2: 4G 与 5G 对比

表 1-1 概述了 4G 与 5G 技术之间的主要差异。

表 1-1 4G 与 5G 对比

	4G (现今, 进一步发展前)	5G
延迟	10 ms	小于 1 ms
峰值数据速率	1 Gbps	20 Gbps
移动连接数	80 亿个 (2016 年)	110 亿个 (2021 年)
通道带宽	20MHz 200kHz (适用于 Cat-NB1 IoT)	100MHz (6GHz 以下) 400MHz (6GHz 以上)
频段	600MHz 至 5.925 GHz	600MHz-毫米波 (例如, 28GHz, 39GHz, 乃至 80GHz)
上行链路波形	单载波频分多址 (SC-FDMA)	循环前缀正交频分复用 (CP-OFDM) 选项
用户设备 (UE) 发射功率	+23 分贝-毫瓦 (dBm), 允许 +26dBm HPUE 的 2.5GHz 时分双工 (TDD) 频段 41 除外 IoT 在 +20dBm 时具有较低功率级选项	6GHz 以下的 5G 频段在 2.5GHz 及以上时为 + 26dBm

目前, 使用案例正处于定义阶段, 新的无线电接入技术正在开发中, 载波现场试验也正在进行。第三代合作伙伴计划 (3GPP) 标准机构正在协调这些新创意并使其全球化, 成为统一的规范。

运营商正采用 LTE Advanced (LTE-A) 朝着 5G 的速度目标大幅迈进 (见图 1-3), 但仍有许多工作要做。

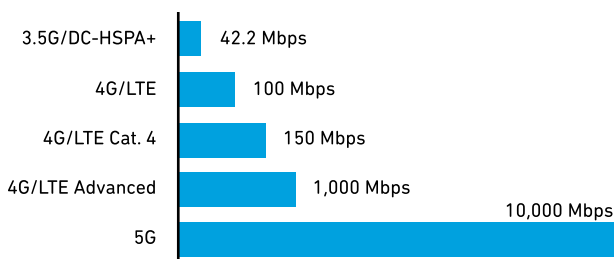


图 1-3: 各代技术的下行链路速度

增强移动无线体验是一个逐步实现的过程，运营商需要进一步扩展和开发 4G 并朝着 LTE-A 技术迈进。运营商目前正在开发软件定义网络 (SDN)、异构网络 (HetNet) 和低功耗网络。最后，到 2019 年及以后，将开始在全球部署 5G 并发布初始商业版（见图 1-4）。

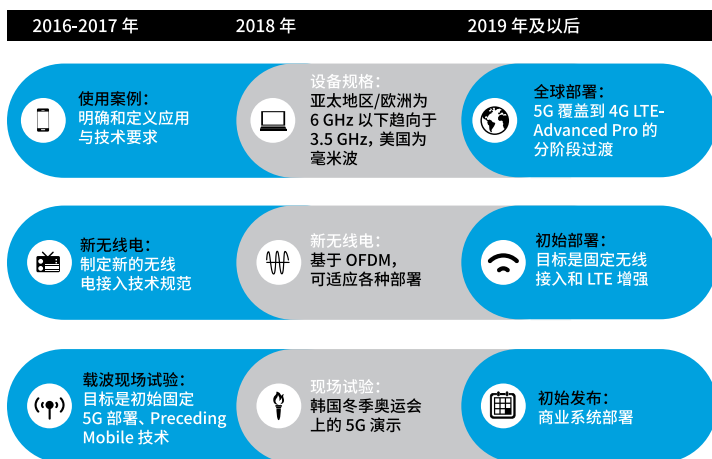


图 1-4: 迈向 5G 部署之路

- » 物联网中的机器间互联
- » 提供挽救生命的服务和任务关键型服务
- » 通过增强型移动宽带增强用户体验

第 2 章

识别 5G 使用案例

5G 的愿景是覆盖 4G 网络，支持互联世界中不受 4G LTE 支持的应用，如图 2-1 所示。

5G 技术和网络实现的各种使用案例和服务大致可以分为三类：大规模物联网 (IoT) 设备、任务关键型服务和增强型移动宽带 (eMBB)。在本章中，您将了解这些使用案例和服务 (见图 2-1)。

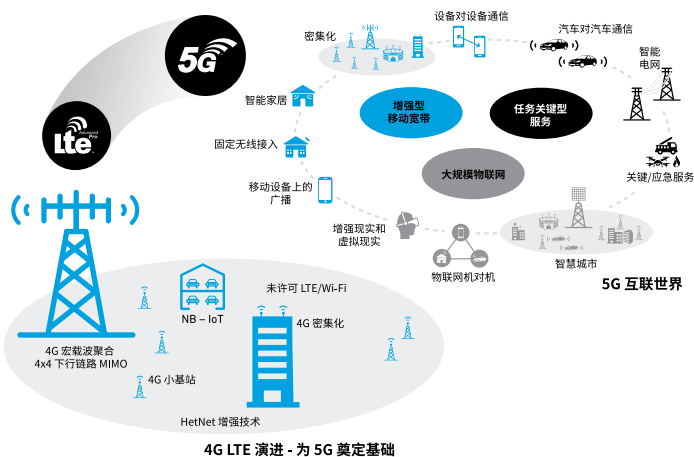


图 2-1: 5G 互联世界

大规模物联网 (IoT)

与其他 5G 使用案例（包括本章后面会讨论的任务关键型服务和 eMBB）不同，大规模物联网使用案例的理念主要针对机对机 (M2M) 通信，随时随地连接万物，几乎无需直接的人类互动。

爱立信预计到 2021 年将有约 280 亿台物联网互联设备。其中有 150 亿台设备将连接 M2M 和消费电子设备。另外有一大部分物联网互联设备将存在于智慧城市、工业自动化、管理服务、金融服务、虚拟现实甚至农业等应用中。

其中许多应用将使用短距离无线电技术，比如 Wi-Fi、蓝牙和 Thread。其他应用将通过广域网 (WAN) 和蜂窝运营商网络实现。

大规模物联网应用通常由低成本、低功耗的传感器和设备组成，可提供良好的端到端覆盖并将数据传回云端。然而，并非所有大规模物联网设备和应用都是低功耗的。例如，通过 Wi-Fi 操作的设备和应用不一定具有低功耗要求。其他非低功耗设备可利用自动开/关功能节省电能。

大规模物联网将由许多在不同环境中运行的不同设备组成，通过新的蜂窝 4G LTE 标准（比如 Cat-M1 和 Cat-NB1）以及其他一些关键技术（比如 ZigBee 和 Wi-Fi）实现，前者将演变为 5G 功能。

新一代移动网络 (NGMN) 联盟定义了大规模机器类型通信 (mMTC) 的 5G 网络切片，为数百亿机器类型终端和数万个连接提供无线连接能力。

5G mMTC 的一大挑战是要能够在一个庞大的设备生态系统中提供连接能力，比如智能家居系统，以及智能电网、楼宇、城市、制造、物流运营、农业、矿业等应用中的各种传感器和设备。支持 mMTC 的 5G 网络和设备必须满足以下条件

- » 可大规模扩展，每平方公里能够支持 20 万台互联设备
- » 成本低且节能，可以为单个应用部署数以千计的传感器和设备，电池寿命至少达到十年
- » 能够发送大量“小”数据，吞吐率为 1 到 100 Kbps，并且在大型建筑和偏远地区等具有挑战性的环境中实现广泛覆盖



技术内容

不同于 eMBB（本章后面会讨论），物联网使用极窄通道带宽时的数据速率极低，可以轻松纳入 1 GHz 以下的低频段，其总频谱可用性有限，但站点间距离 (ISD) 或范围很大。

5G eMBB 需要 100 到 400 MHz 的通道带宽，而 4G Cat-NB1 物联网仅使用 200 kHz (0.2MHz) 的通道带宽。

物联网空间中的低成本、低能耗射频 (RF) 组件必须极其紧凑，并且需要硅或砷化镓 (GaAs) 等工艺技术。制造这些器件为 RF 设计人员带来了诸多挑战 — 功率放大器 (PA)、滤波器、开关和数字处理都必须集成在一个小型封装中。此外，该市场中的 RF 前端还使用多个频段和标准运行。



提示

如需进一步了解智能家居技术，请访问 www.qorvo.com 并下载物联网傻瓜书的免费副本。

实现和支持大规模物联网使用案例的主要技术包括：

- » 超低功耗 RF 连接
- » ZigBee
- » Wi-Fi
- » 蜂窝 4G Cat-M1、Cat-NB1
- » 蜂窝 5G
- » Thread

任务关键型服务

如今，一些最显而易见、最令人兴奋且最具新闻价值的 5G 使用案例莫过于无人驾驶（自动驾驶）汽车 — 比如“无头”的 Google 和 Uber 汽车。不同于（上一节讨论的）大规模物联网使用案例中的 M2M 通信，任务关键型服务的要求如下：

- » 高速吞吐量和低延迟（低至 1 毫秒），可实现高速实时控制（每小时高达 500 公里）
- » 超高的可靠性和可用性，可确保持续的性能和连接性
- » 极其安全的数据通信和设备组件，可确保控制、隐私和人身安全

NGMN 联盟为任务关键型服务定义的网络切片为超可靠低延迟通信 (uRLLC)。除无人驾驶汽车外，任务关键型使用案例还包括自主公共和大众交通系统、无人机和其他无人驾驶飞行器、工业自动化、远程医疗（例如监控、治疗和护理）以及智能电网监控。



提示

在工业、学术和医疗领域，多项任务关键型服务计划已经开始实施。

构建一个具有如此高期望和要求的网络将需要诸多移动和固定设备。例如，在您自己或让家庭成员乘坐自动驾驶汽车之前，或者允许医生在机器人辅助下进行远程手术之前，必须先确保安全并且需要对使用的网络非常有信心。要确保这一可靠服务，将需要通过新的空中接口技术来处理任务关键型服务的多样化异构流量。相比 4G 的现有水平，RF 连接的密集化程度将高得多。小基站连接的可用性将更高，将创建固定无线接入网络，并将利用 600MHz 到 80GHz 的频率。

相关支持技术包括砷化镓 (GaAs)、硅、氮化镓 (GaN) 等，并将实现低延迟的端到端网络。实现和支持 5G 任务关键型服务使用案例的主要技术包括：

- » 大规模多路输入/多路输出 (MIMO)
- » 载波聚合 (CA)
- » 毫米波 (mmWave) 和波束成形
- » 5G 网络基础设施，比如宽带接入、全球定位系统 (GPS)、点对点无线电和卫星通信

增强型移动宽带

eMBB 使用案例可能是最容易理解的 — 随时随地在任何设备上为所有互联网应用和服务提供更快的服务和更好的覆盖。eMBB 使用案例为密集城市、农村、高流动性环境（例如：在途）以及室内环境提供极高的吞吐量。用户将能够在几秒钟内下载 3D 视频等数千兆字节的数据，并且增强现实和虚拟现实 (AR/VR) 应用将成为日常现实。

实现和支持 5G eMBB 使用案例的主要技术包括：

- » LTE Advanced 和 LTE Advanced Pro
- » 扩展频段
- » 固定无线接入 (FWA) 和毫米波 (mmWave)
- » 波束控制基础设施
- » 高效的毫微微蜂窝 (FEM) /小基站

要支持数万亿个适用于 eMBB 的互联设备，需要额外的频谱。使用灵活高效的许可、未许可和共享频谱是 5G 运营商的目标。

最重要的考虑因素是找到更多可用频谱（见图 2-2）。要解决的主要问题包括：

- » 各地区的可用频谱段
- » 地区政府监管法律
- » 各地区的频谱影响和共存
- » 新的国际移动通信 (IMT) 频段

许可频谱
Spectrum



拍卖和
清除的频谱

专用

共享的许可频谱
Spectrum



需要授权
共享访问

共用

未许可频谱
Spectrum



LTE-U、LAA、eLAA
Wi-Fi、蓝牙、
C-V2X、DSRC

共用

图 2-2：增强型移动宽带需要更多频谱

部分许可、未许可和共享频谱将为高频率频谱。蜂窝技术通过射频波发射数据，频率越高，波长越小。波长越小，这些信号通过障碍物（如树木、墙壁和建筑物）的难度就越高。毫米波技术是指 30GHz 到 300GHz 之间的频率范围。

在 5G 中，毫米波范围内的大量频谱（对于未许可频率和许可频率）已经可用。5G 毫米波技术利用适用于 eMBB 的高达 400MHz 的通道带宽来提供更高的数据容量。这是大多数 4G LTE 频段可用通道带宽的数量级。毫米波的另一优势是其波长较短。波长较短意味着可以使用较小的天线进行发射和接收。由于站点间距离 (ISD) 将范围限制为几百米，因此仅仅在同一城市的几个街区外就能重复使用相同的通道。

第 3 章

了解 5G 频谱

在

本章中，您将了解 4G 和 5G 频谱（包括各种挑战和问题）以及如何将频谱与 5G 服务和用例相匹配。

了解频谱

国际电信联盟 (ITU) 协调世界各地的频谱。第三代合作伙伴计划 (3GPP) 为每个全球区域分配国际移动通信 (IMT) 频段。GSM-850 频段和 PCS-1900 频段（分别相当于 LTE B5 频段和 LTE B2 频段）已分配给北美洲（包括加勒比和中美洲）和南美洲西部（阿根廷、玻利维亚、智利、哥伦比亚和秘鲁）。GSM-900 频段和 DCS-1800 频段（分别相当于 LTE B8 频段和 LTE B3 频段）已分配给世界其他地区（日本除外，因为 GSM 在日本不可用）。

通过从之前的 IMT 用途（比如全球移动通信系统 (GSM)）重新分配，同时清除数字电视等现有服务（所谓的数字红利），3GPP 在

过去几年一直不断增加新的时分双工 (TDD) 和频分双工 (FDD) LTE 频段。这些频段分为以下四组：

- » **低频段：**从 600 MHz 到 1 GHz 以下（例如：B20、B28A/B28B、B12、B13、B8 和 B5）
- » **中频段：**从 1,710 MHz 到 2,200 MHz（例如：B1、B2、B3 和 B66）
- » **高频段：**从 2,300 MHz 到 2,690 MHz（例如：B7、B30、B40、B38 和 B41）
- » **超高频段：**从 3,400 MHz 到 3800 MHz（例如：B42 和 B43）



提示

有关 LTE 认可频段的完整列表，请参阅 3GPP 规范 36.101。

图 3-1 显示了最近为了分配更多 IMT 频谱而添加的新 LTE 频段。

频段	访问	地区	UL (MHz)	DL (MHz)	注释
28A	欧盟	FDD	703-733	758-788	拍卖地点：德国、法国
46	全部	TDD	5150-5925	5150-5925	主要趋势，未许可
32	欧盟	SDL	-	1452-1496	拍卖地点：德国、意大利
48	北美-美国	TDD	3550-3700	3550-3700	市民宽带无线电服务
71	北美-美国	FDD	663-698	617-652	美国激励拍卖完成
14	北美	FDD	788-798	758-768	公共安全容量过剩
40	欧盟	TDD	2300-2400	2300-2400	印度、中国，扩展到欧洲
42	中国/欧盟	TDD	3400-3600	3400-3600	3.3-4.2 GHz 范围内的候选 5G
47	全部	TDD	5855-5925	5855-5925	C-V2X
70	北美-美国	FDD	1695-1710	1995-2020	美国
34	中国	TDD	2010-2025	2010-2025	从 TD-SCDMA 重新分配

图 3-1：全球新的 3GPP 频段

要达到 5G 的不同预定目标，需要按下列全新方式来划分频谱：

» 6 GHz 以下

- **低频段：**1 GHz 以下的超高频 (UHF) 频段非常适合高数据速率下的长距离传输。这些频段也是满足 4G 中的物联网低数据速率和窄通道带宽要求以及实现 5G 大规模机器类型通信 (mMTC) 的理想选择。

- **中频段：** 1 到 6 GHz。对于需要至少 100 MHz 通道带宽的 5G 增强型移动宽带 (eMBB) 而言，2.5 GHz (B41) 和 3.5 GHz (B42/B43) 频段是首先要达到的目标

» **6 GHz 以上：**

高频段： 分别从 28 GHz 和 39 GHz 开始的厘米波 (cmWave) 频段和毫米波 (mmWave) 频段非常适合用于市中心和体育场使用案例的 5G 固定无线接入 (FWA) 和移动 eMBB 密集化。

C 频段是扩展 5G 中频段频谱的主区域（见图 3-2），其中两个建议的频段分组位于 3.3 GHz 至 4.2 GHz 和 4.4 GHz 至 4.99 GHz 范围内。

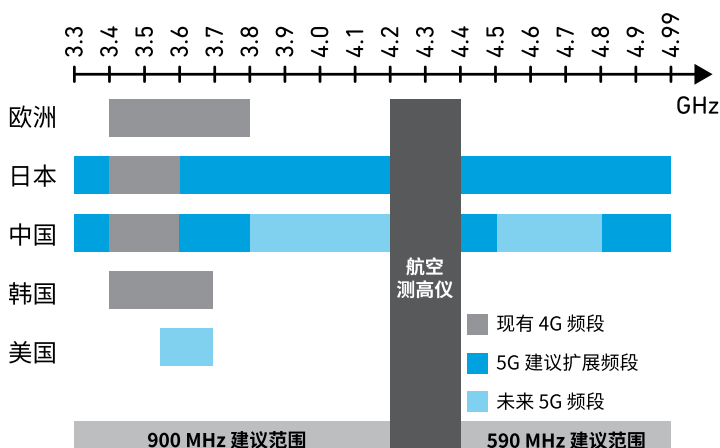


图 3-2: 针对 C 频段中扩展 5G 频谱的建议频段分组



技术内容

C 频段是分配给通信卫星和雷达的原始频率。特定频段 4.2 GHz 至 4.4 GHz 将一直分配给航空测高仪。作为 5G 系统开发的一部分，防止对此航空频段的干扰至关重要（参考图 3-2）。

4G 与 5G 频谱对比

4G LTE 频谱由文档 36.101 中定义的 52 个 3GPP 频段组成，其中 35 个用于 FDD/SDL，17 个用于 TDD。该频谱可支持六个通道带宽：1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz 和 20 MHz。因此，需要载波聚合 (CA) 来获得支持较高数据速率的组合带宽。目前，3GPP 已经在第 14 版规范中批准了多达 32 个分量载波 (CC) 的载波聚合。运营商已针对多达 5 个分量载波的载波聚合提交了标准申请。5x20 MHz 可聚合成 100 MHz 的带宽。

将载波聚合与 4x4 下行链路 (DL) 多路输入/多路输出 (MIMO) 和 256 正交幅度调制 (256QAM) 相结合，预计到 2017 年年底，4G LTE 将达到 1Gbps 以上的峰值数据速率下行链路。要支持更高的峰值数据速率，需要额外的频谱。

在 4G LTE 中，各运营商的频谱是碎片化的。尽管可以使用许可频段和载波聚合来增加通道带宽和数据吞吐量，但运营商已经开始聚合许可和未许可频谱（许可辅助访问 [LAA]）来提高数据吞吐量。为此，如图 3-3 所示的频段 46（5,150 MHz 至 5,925 MHz）即将与许可频段聚合。

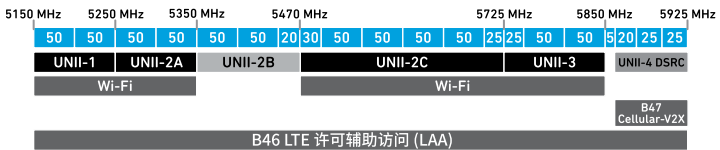


图 3-3：5 GHz 下未许可蜂窝频段 46 将与 Wi-Fi 共存

3GPP 已经启动了 5G 研究项目和工作项目阶段，以开发非独立 (NSA) 和独立 (SA) 操作的 5G 无线电规范 (5G NR)。其中一个主要区别在于：6 GHz 以下的最大通道带宽限制将为 100 MHz，6 GHz 以上的最大通道带宽将设置为 400 MHz。使用四个 100 MHz 通道，可以在 6 GHz 以下实现高达 400 MHz 的瞬时带宽。这样就能达到比 4G 高得多的峰值数据速率。



NSA 是运营商的一个演进步骤，无需增建一个 5G 核心网络。这一方法具有高性价比，可使用 4G LTE 控制平面锚快速增加空中链路容量，并在之后添加完整的独立 (SA) 5G 内核。

遗憾的是，6 GHz 以下时，100 MHz 的连续带宽仅见于 B41 (2.5 GHz) 以及 C 频段中的建议扩展频率范围内 (3.3 GHz 至 4.2 GHz 和 4.4 GHz 至 4.99 GHz)。

6 GHz 以上时，更容易在厘米波频段和毫米波频段中找到 100 MHz 或以上的连续带宽，通常位于 28 GHz、39 GHz 乃至 80 GHz。通道带宽可达到 400 MHz。

固定无线接入 (FWA) 的第一个 5G 新无线电 (NR) 频谱预计位于 28 GHz。

全球厘米波 (cmWave) 频段和毫米波 (mmWave) 频段的可用性如图 3-4 所示。

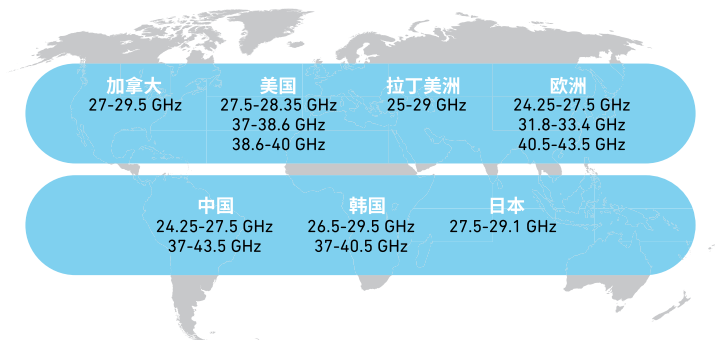


图 3-4：厘米波和毫米波全球频段

- » 追踪 5G 的 4G LTE 构建模块的演进
- » 了解实现 4G 和 5G 的 RF 技术
- » 进一步探讨 5G 的运营商网络

第 4 章

利用 RF 通信技术实现 4G 和 5G

在

本章中，您将了解实现 4G 长期演进 (LTE) 和 5G 网络的 RF 技术的关键。

4G：由来已久的产物

对于许多漫不经心的观察者和日常的移动用户来说，4G 似乎一直都存在。毕竟，第一款 4G 手机在 2010 年就推出了，而早期的 5G 网络预计至少要到 2020 年才能投入运行。十年是技术演进的周期！

然而，回顾移动网络的历史可以看出，新一代移动技术一直提供了更多的数据容量并实现了更丰富的数字内容（见图 4-1）。

数据消耗方式的演进

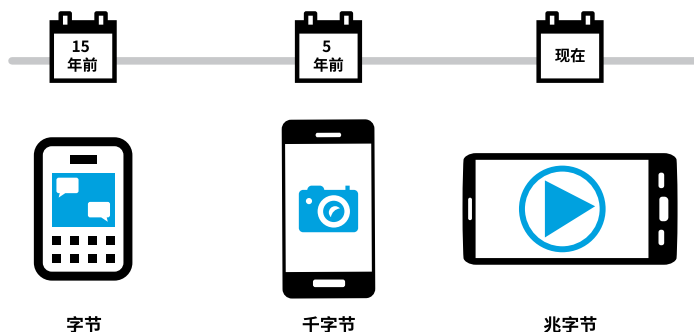


图 4-1: 数据演进

由此看来，除非您在过去 40 年内一直在移动通信行业工作，或者您是戈登·盖柯 (Gordon Gekko) (电影《华尔街》中的人物)，在 1984 年就成为了美国 91,600 名蜂窝用户之一，否则 4G 的确有可能看上去是一直存在的。

更有可能的是，您在 3G 发展生命周期接近尾声时，也就是本世纪 00 年代中期的某个时候购买了自己的第一台智能手机（请记住，第一台 iPhone 是 2007 年推出的），并且在那之前，您对移动技术的关注度并不高。



技术内容

但 LTE 有其不为人知的小秘密：LTE（长期演进）不是真正的 4G，而是为 4G 发展奠定了基础（称之为“通往最终 4G 之路”）。例如，国际电信联盟 (ITU) 定义的 4G 规范要求基于全 IP 的分组交换网络提供 1Gbps 的峰值数据速率。第三代合作伙伴计划 (3GPP) 将 LTE 标准（版本 8 和 9）定义为提供 300 Mbps 的下行链路峰值速率和 75Mbps 的上行链路峰值速率。LTE Advanced（版本 10、11 和 12）是 LTE 网络的下一个迭代版本，它提供真正的 4G 1Gbps 速度。最终，LTE Advanced Pro（版本 13、14 和 15）则为 5G 奠定了基础（见图 4-2 和 4-3）。

4G“新生儿”显然已日臻成熟，如今作为移动通信的主要骨干，未来将长期繁荣发展，可以一路沿用到本世纪 30 年代。为了重新分配

LTE 频谱，2G（很快轮到 3G）网络开始关闭，而与此不同的是，4G 还将存续一段时间。这就是为什么将其称之为“长期”的原因！5G 将覆盖其上，实现 4G 无法支持的所有智能新应用。



记住

区分“LTE”、“LTE Advanced”和“LTE Advanced Pro”的有用方法是分别将它们记为“速度比 3G 快”、“真正的 4G”和“几乎为 5G”。

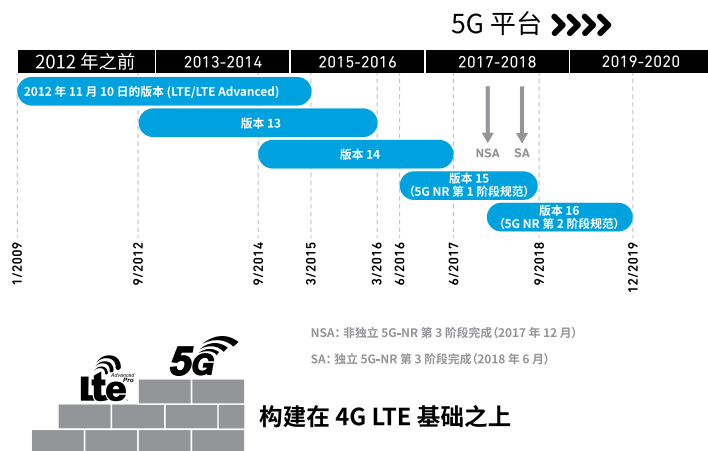


图 4-2: 迈向 5G 之路

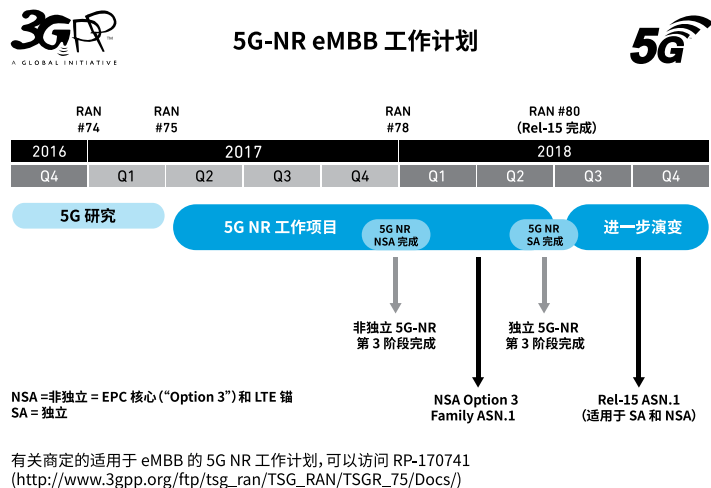


图 4-3: 5G-NR 增强型移动宽带 (eMBB) 工作计划

LTE 向 4G 乃至 5G 演进过程中的部分重要技术创新如下：

- » 载波聚合 (CA)
- » 4×4 下行链路 (DL) 多路输入/多路输出 (MIMO)、256 正交幅度调制 (QAM) 更高阶下行链路 (DL) 和 64QAM 上行链路 (UL) 调制
- » 小基站与密集化、异构部署、继电器和设备对设备 (D2D)
- » 小区间干扰协调 (ICIC) 和协调多点 (CoMP)
- » 高性能用户设备 (HPUE)
- » 多用户 (MU) MIMO, 全维度 (FD) MIMO 波束成形
- » 许可辅助访问 (LAA)
- » 窄带物联网 (NB-IoT、Category-M1 和 Category-NarrowBand、NB1)

载波聚合

载波聚合技术用于将可用频谱的多个 LTE 分量载波 (CC) 合并起来，从而

- » 聚合带宽块
- » 提高数据速率
- » 改善网络性能

载波聚合可以提高上行链路、下行链路或两者中的数据速率和网络性能，还可以在两个载波上分别实现频分双工 (FDD) 和时分双工 (TDD) 以及许可和未许可频谱的组合。

第三代合作伙伴计划 (3GPP) 标准允许包含多达 32 个分量载波 — 这对于射频 (RF) 设计来说是一项艰巨的挑战！在推出 5G 之前，我们可能不会看到 32 个分量载波的部署，但是，在如今的运营商计

划中，很可能会有一些超过 5 个分量载波的进展，这会增加数据量（对于移动用户来说速度更快），同时也会增加 RF 前端设计的挑战（见图 4-4）。

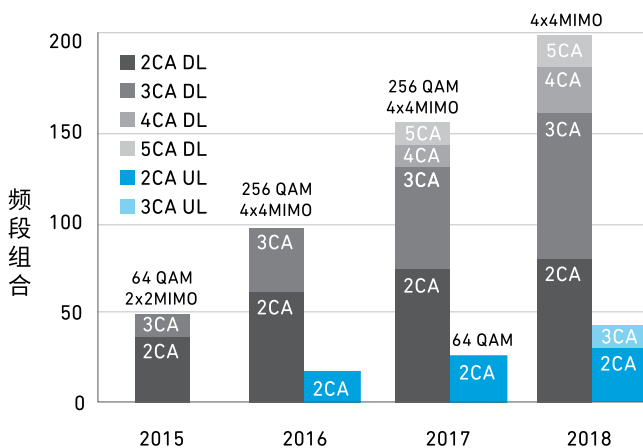


图 4-4：载波聚合的演进（逐年）



技术内容

载波聚合可以通过两种不同方式实现，这两种方式会对移动设备中的 RF 前端组件产生不同影响。在同一 3GPP 频段内或两个或多个不同 3GPP 频段之间可以找到这些分量载波：

- » 频段内载波聚合（同一频段内的两个或多个分量载波）
- » 频段间（不同频段内的两个或多个分量载波）



提示

如需进一步了解载波聚合，请访问 www.qorvo.com 下载载波聚合基础知识傻瓜书的免费副本。

4x4 下行链路 MIMO 和 256QAM

使用载波聚合增加带宽是实现更高 4G 数据速率的首个最稳定的技术。在下行链路中实现更高 4G 数据速率的下一个选择是升级到 256QAM 下行链路调制。然后，在已聚合的一个或多个分量载波上增加用于覆盖 4x4 MIMO 的空间流数量。

4x4 MIMO 可以有效地重复使用相同的 20MHz 分量载波四次以传输更多数据，从而提高频谱利用率。4x4 MIMO 部署中的一些重要考虑因素包括以下内容（见图 4-5）：

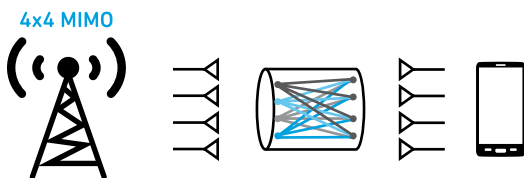


图 4-5：4X4 下行链路 MIMO

- » 仅在下行链路中适用。
- » 相比 2x2 MIMO，每个受到作用的分量载波的数据速率都翻倍。
- » 需要从基站处最少四个独立天线发送的四个唯一数据流。
- » 移动设备中需要四个对应的唯一接收器链。
- » 有效性取决于手机中四个独立天线的去相关能力 — 如果天线可以彼此通信（干扰），那么效益就会降低。

这一切意味着在移动前端需要更多的接收器组件，比如滤波器、开关、低噪声放大器 (LNA) 和天线控制设备。由于下行链路仅与 RF 链的接收器侧相关联，因此发射功率放大器不受影响。经 256QAM 下行链路调制后，每个分量载波的数据速率达到原来的 1.33 倍。无需更改移动设备中的 RF 前端。

4G “新生儿” 目前正日趋成熟。例如，FDD 网络和移动设备可以通过以下方式实现 1Gbps 的理论峰值 4G 下行链路数据速率：

- » 3 个分量载波聚合 3 个 20 MHz，以形成一个 60 MHz “粗管道” 和实现 450 Mbps

- » 将 4X4 下行链路 MIMO 应用于三个分量载波中的两个以实现 750 Mbps
- » 对所有三个分量载波进行 256QAM 下行链路调制以实现 1Gbps
- » 支持十个空间层的调制解调器



提示

更高 4G 下行链路峰值数据速率（1.6Gbps 范围内）的实现途径取决于支持额外空间层的收发器/调制解调器芯片组的可用性（2017 芯片组通常可以支持多达 12 个空间层），以及手机使用四个接收器容纳两个以上频段的 RF 前端的能力。

小基站与密集化

运营商可以缩减基站大小来实现网络扩容并更好地利用网络。网络密集化需要部署大量小基站（范围有限的紧凑型网络基础设施设备）以提高人口稠密地区或拥挤场所可支持的用户总数。室内外小基站技术的密集化可提升运营商的现有网络容量并增强蜂窝边缘性能，从而提高现有频谱的重用率。小基站的以下特性各不相同：

- » 功率水平
- » 地理覆盖
- » 区域频段分配
- » 服务用户数量

高性能用户设备 (HPUE)

在 2.5GHz 及以上频段运行 TDD 网络的运营商发现，当处于蜂窝边缘时，移动设备中的发射器通常没有足够的 RF 功率将信号从建筑物内部发送到基站塔。基站塔可以将信号发送到手机，但手机无法将信号发送到基站塔。

2016 年 12 月，3GPP 批准了 2.5GHz 频段天线 +26dBm +/-2dB 的新功率等级。这一新标准被称为 2 级功率 (PC2)，可使移动发射器的功率倍增（增幅：3dB）。

以下是使用 2 级功率标准的高性能用户设备的特性：

- » 在 TDD 网络中，发送和接收会适时交替。
- » TDD 网络通常处于较高频率，并且在建筑物内部时需要额外的上行链路功率来抵消通过墙壁和窗户时的功率损耗。
- » TDD 网络中的高性能用户设备与 FDD 的蜂窝边缘覆盖性能相匹配，并且使用较少或相同的电池电量，这是因为相比在 FDD 模式下，功率放大器在 TDD 模式下的开启时间更短。

确立了 4G 网络中 2 级功率高性能用户设备 RF 前端组件针对 +26dBm 的功能和热可靠性后，该阶段将采用正处于演进过程中的 3GPP 5G 新无线电 (NR) 定义中的更高功率标准，届时我们将看到更多的 TDD 部署。

窄带物联网 (NB-IoT)

物联网和 5G 大规模机器类型通信 (mMTC) 将是 5G 的巨大市场。窄带物联网是物联网传感器和设备用于通过蜂窝网络进行通信的低功率广域网 (LPWAN) 无线电技术 4G 标准。然而，与 5G 的许多其他特性不同，窄带物联网并不一定是为速度而设计的。Cat-NB1 使用的通道带宽仅为 200kHz，比 LTE 的 20MHz 和 5G NR 的 100MHz 更接近旧的全球移动通信系统 (GSM) 标准。



记住

Cat-NB1 及其 5G 衍生标准是 5G 增强型移动宽带 (eMBB) 的对照。它使用最窄的带宽和最慢的数据速率来降低成本，并实现十年（或更长时间）的电池寿命。



Kbps 代表每秒千比特 — 一百万千比特等于一千兆比特 — 在调制解调器使用音调调制电话信号（伴随着恼人的刺耳声）且人们仍然使用黄页的时代，它是常用的速度度量标准。

窄带物联网主要用于物联网传感器和设备。使用 1GHz 以下的频段，长距离可以高效地聚合庞大的低功耗传感器网络（每个传感器都发送小数据报告）。对于这些设备，以超低延迟接收它们发送的数据或由接收器确认每个传输并不重要。因此，窄带物联网是适用于大规模物联网使用案例（在第 2 章中讨论过）的理想技术。

实现 5G 的 RF 技术、封装和设计

5G 平台将牢牢扎根于 4G LTE 网络之上。上文提到的载波聚合等技术将继续在 4G（4G LTE、4G LTE Advanced 和 4G Advanced Pro）中演进，并为 5G 打下良好的基础。

第 2 章论述了各种 5G 使用案例，所有这些使用案例都需要 RF 前端。根据 RF 功能、频段、功率水平以及其他性能要求，对 RF 半导体技术的选择会发生相应的变化。如图 4-6 所示，有多种半导体技术可用于每个 RF 功能和应用。

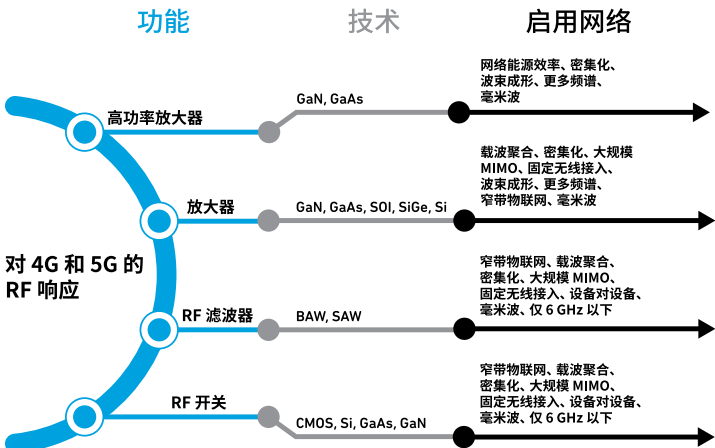


图 4-6: 各使用案例中的 RF 通信技术

这些应用要求各种工艺技术、设计技术、集成以及封装能够满足每一独特情况的需求。其中包括以下应用领域：

- » **低功耗：**通常使用采用塑料封装的系统级硅芯片解决方案。
- » **智能手机、平板电脑和移动设备：**需要载波聚合的移动应用通常使用体声波 (BAW) 或表面声波 (SAW) 滤波器和多路复用器。RF 屏蔽用于解决频率干扰共存和隔离问题。旗舰手机需要基于 GaAs 和硅的超高水平 RF 前端集成来满足严格的尺寸限制，同时将多个频段（多达 40 多个）集成到一台设备中。
- » **宏基站：**LDMOS 技术一直是高功率功率放大器的关键技术，但高功率氮化镓 (GaN) 能提供更高的性能和效率，并且正迅速成为首选技术。采用的封装既有铜-二硫化钼法兰封装，也有塑料封装。
- » **小基站：**小基站可帮助运营商将区域密集化并扩大蜂窝覆盖范围。小基站具有许多功率水平，可帮助用户快速连接和省电。小基站具有多样化特点，因此制造商能够将 GaAs、GaN 和硅等各种技术用于功率放大器、开关和 BAW 滤波器等多种器件。
- » **全新的高级天线系统：**天线阵列系统中使用的 GaN 为运营商提供了灵活的可扩展性、功率、宽带宽等（下一节中将提到）。



提示

如需进一步了解 BAW 和 SAW，请访问 www.qorvo.com 下载 RF 滤波器技术傻瓜书的免费副本。



提示

如需进一步了解 GaN，请访问 www.qorvo.com 下载 GaN RF 技术傻瓜书的免费副本。

氮化镓 (GAN): 实现 5G 的关键技术

除了更高的速度、更大的容量、更低的延迟和更高的可靠性之外，5G 网络还非常节能 — 能效是当今网络的 100 倍。

为了满足多样的 5G 要求，GaN 制造商需要提供跨越宽频率和功率水平范围的多个变体。如需了解更多信息，请访问

<http://cn.qorvo.com/design-hub/white-papers/>。

5G 始于载波网络

5G 网络必须处理许多需要不同有源天线系统 (AAS) 的功能，以应对增强型移动宽带 (eMBB)、大规模机器类型通信 (mMTC) 和超可靠低延迟通信 (uRLLC) 的挑战。

其中的第一大应用将是有源天线系统 (AAS) 在毫米波频段中提供固定无线接入 (FWA)。FWA 是在毫米波频段中实现 5G 的基础。运营商和基础设施制造商都一直在进行试验，并计划通过这项服务，以更具扩展性和经济性的方式提供宽带。尽管该服务的受众是游牧式用户和固定用户，但在设计中考虑到了真正的移动性。因此，运营商得以涉足将成为移动 5G 基础的全新毫米波技术（比如相控阵天线和混合式波束成形）。



技术内容

3GPP 标准定义中最近的一个转变 — 增加加速路径，称为非独立 (NSA) 5G — 作为一种经济高效的方式，可将早期的 5G 优势带入市场，而无需增建独立 (SA) 5G 所需的 5G 网络核心。NSA 使用现有 4G 3GPP 频段作为 LTE 控制平面锚来实现这一点。

有源天线系统 (AAS) / 全维度多路输入 / 多路输出 (FD-MIMO)

有源天线系统 (AAS) 是先进的基站平台，其成本、结构和性能均经过优化。4G 版本 12 增强功能显著影响了设计增强型 NodeB (eNodeB) 无线电的方式。版本 12 项目包括载波聚合的新组合、具有下行链路 MIMO 的空间复用增强功能以及 AAS 中所需的 RF 要求。图 4-7 概述了具有相应特点和优势的版本 12 项目的部分内容。

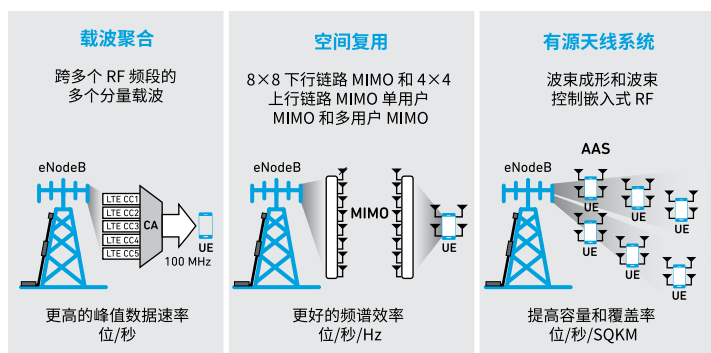


图 4-7: LTE ADVANCED ENODEB 无线电天线的演进

MIMO 技术使用安装在源（发射器）和目标（接收器）上的多个天线来提高容量和效率。如图 4-7 所示，天线越多，数据流层越多。这使得单个用户的数据管道增大或不同用户使用多个数据管道（也称为多用户 (MU) MIMO）。

大规模 MIMO 将 MIMO 提升到一个新的水平。如今的 MIMO 部署通常由基站上的最多八个天线以及接收器上的一到两个天线组成。因此，基站可以同时八个数据流发送到八个不同的用户或双重发送两个数据流到四个用户。大规模 MIMO 可扩展到数十或数百个天线（理论上可达数千个），提供众多功能和优势，其中包括：

- » 大幅提升的容量和可靠性
- » 更高的数据速率和更低的延迟

- » 更好的连接（特别是对于 5G 所使用的具有挑战性的较高频率）
- » 更少的小区间干扰
- » 通过波束成形实现更高的效率和更好的信号覆盖

图 4-8 说明了有源天线系统 (AAS)/全维度 (FD) MIMO 基站如何在水平和垂直方向上指引波束。这一操作动态地指向天线方向图，为每个相应的用户提供更好的链路和更高的容量。这样，用户就能实现流量分流，更快速地释放无线电资源以供他人使用，使整个小区的总容量获得净增。

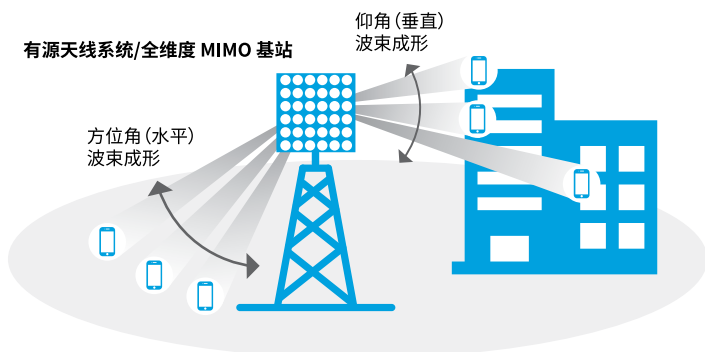


图 4-8：天线波束成形

图 4-9 说明了有源天线系统如何使用波束控制为商业建筑和住宅内的用户端设备 (CPE) 提供端到端的固定无线接入 (FWA) 连接。5G FWA 的一个明显优势是支持极高的峰值数据速率，每位用户因此无需具备专用的固定设施。为了实现更高的峰值数据速率和更高的系统容量，FWA 无线电将使用 24GHz 到 42GHz（可能更高）的全新频段。

使用更大的天线阵列可提供额外的波束成形，从而克服在毫米波频率范围内遇到的更严峻的传播挑战。这些阵列可能具有数百个元件，但是由于波长短，因此极其紧凑。例如，30GHz 的 64 元件天

线阵列大小只有 40 mm x 40 mm。大阵列提供非常集中的波束，这些波束可以在不到一微秒的时间内重定向。此外，大型相控阵还可以作为单个阵列或者作为多个独立的子阵列，指引独特的波束在同一频率资源上同时服务多个用户终端。图 4-10 显示了 AAS 天线阵列（含 AAS 基站塔）的按天线 RF 子系统中 2x2 RF 前端模块的框图。

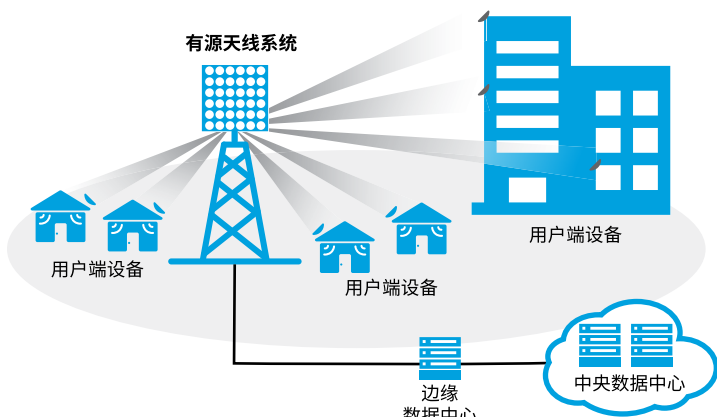


图 4-9：使用波束控制的 5G 端到端固定无线接入(FWA) 网络

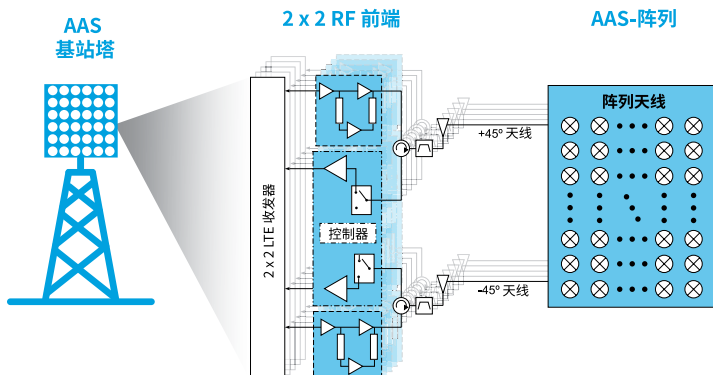


图 4-10：有源天线系统和波束控制 RFFE (2x2 LTE RF 前端)



技术内容

毫米波 (mmWave) 是微波 (30 GHz) 频谱和红外 (300 GHz) 频谱之间的频段。

- » 重复使用现有的 4G 基础设施
- » 实现更多聚合、密集化以及天线部署和容量
- » 乘坐无人驾驶汽车驾驭未来
- » 通过固定无线接入连接位置
- » 为智能手机部署 5G 技术

第 5 章

迈向未来 5G 之路的十大里程碑

在

本章中，我们确定了 5G 成为现实的过程中需要留意的几大里程碑。

利用当前的 4G 蜂窝基础设施

未来 5G 网络无需重新构建网络基础设施。事实上，凭借如今的许多 4G 创新，未来的 5G 网络将部署到各种应用中。基于全 IP 的网络核心是 5G 网络的重要要求，已成为移动运营商在 4G 蜂窝基础设施中努力实现的目标。



提示

如需进一步了解 4G 基础设施创新，请参阅第 4 章。

大幅拓宽可用频谱范围

5G 接入网络中的一些使用案例将需要超宽的连续载波带宽。要支持此类超宽连续带宽，将需要 6 GHz 以下的新载波频率以及毫米波 (mmWave)。

扩展载波聚合

载波聚合 (CA) 在可用频谱上合并多个 LTE 分量载波 (CC)，以实现更高的数据速率和更低的延迟。载波聚合技术正迅速发展，其当前的载波聚合部署在下行链路方向支持 5 载波聚合，在上行链路方向支持 2 载波聚合。

提高密集化

凭借使用小基站技术的密集化，运营商能够为更多用户提供更低的延迟、更好的移动设备电池寿命和更大的蜂窝覆盖范围。

部署大规模多路输入/多路输出 (MIMO)

大规模 MIMO 由数百甚至数千个有源天线元件组成，它们共同配合，为未来的 5G 提供更大的移动容量、更宽的覆盖范围和更高的可靠性。

实现车辆对外界 (V2x) 通信

如今，“无人驾驶”或“无头”汽车在新闻中频繁出现，遗憾的是，新闻主题往往是耸人听闻的撞车或车祸事故。然而，随着 5G 技术的不断发展，无人驾驶汽车将与传统车辆一样变得司空见惯，而且司机可以高枕无忧！这类汽车将变得更便宜，更受欢迎，而且最重要的是更安全。

有人驾驶的智能汽车还将利用 5G 技术来提高车辆安全性和效率以及整体驾驶体验。

通过固定无线接入提供更多选项

固定无线接入 (FWA) 为用户提供了更多选择来使用无线宽带数据通信连接到云端，以连接两个或多个固定位置。

手机用作连接枢纽

如果您认为智能手机如今已成为您生活的中心，请静候第一部 5G 智能手机的到来！凭借高速移动宽带接入和真正无处不在的覆盖，5G 智能手机将实现设备间的直接通信，而无需通过网络基础设施指定通信的数据路径。

有源天线系统

有源天线系统 (AAS) 是先进的基站平台，可满足运营商扩展移动宽带服务和大规模全维度 MIMO 技术的要求。

低延迟：增强现实 (AR)、虚拟现实 (VR)、 车辆对外界 (V2x) 以及任务关键型服务的 关键

需要极高可靠性、全球覆盖和极低延迟的任务关键型服务将更适合支持 5G 基础设施。在某些应用中，延迟可能比吞吐量更重要。

术语表

有源天线系统 (AAS): 由多个有源固态 RF 链驱动的天线元件阵列, 用于形成自适应可转向波束方向图。

增强现实 (AR): 通过在现实视图中叠加高分辨率 (甚至 3D) 图像来产生复合视图的技术。

基站收发台 (BTS): 促进用户设备 (如手机) 与运营商网络之间通信的设备。

波束成形: 合成来自多个天线孔径的多个 RF 信号, 以将复合天线方向图朝向/远离特定的接收器/发射器聚焦或散焦。

体声波 (BAW): 压电换能器, 将电信号转换成用于产生滤波器和延迟线的声波。

载波聚合 (CA): 用于聚合载波 (被称为分量载波) 以实现更大带宽、更低延迟和更好覆盖的技术。另请参见分量载波 (CC)。

类别机器 1 (Cat-M1): 类别 M (机器) 解决方案, 用于窄带宽和低功耗物联网 (IoT) 应用的 LTE 标准。也称为 LTE-M, 以前称为 Cat-M。另请参见物联网 (IoT)。

类别窄带 1 (Cat-NB1): 类别窄带解决方案, 用于窄带宽和低功耗物联网 (IoT) 应用的 LTE 标准。另请参见物联网 (IoT)。

C 频段：最初分配给通信卫星和雷达的频段（4GHz 和 8GHz 之间）。

厘米波 (cmWave)：超高频 (SHF) 频段（3 GHz 和 30 GHz 之间）。

分量载波 (CC)：载波聚合中的聚合载波或通道。另请参见载波聚合 (CA)。

用户端设备 (CPE)：物理位置在客户的家中或企业中的电信硬件。

循环前缀正交频分复用 (CP-OFDM)：一种在多个正交载波频率上进行数字数据编码的方法，为符号添加重复结尾作为前缀以对抗多路径。

分贝-毫瓦 (dBm)：以分贝为单位的实测功率相对一毫瓦的功率比。

密集化：电信提供商在给定覆盖区域增加蜂窝站点来实现网络扩容的技术。

增强型移动宽带：标准社区使用的标签，用于描述能够实现网络容量数量级增长的特征、频率和新功能。

增强型节点 B (eNodeB)：E-UTRA 中的硬件元件，与移动电话网络连接并直接与手机等用户设备 (UE) 通信。另请参见演进的通用陆地无线电接入 (E-UTRA) 和用户设备 (UE)。

演进的通用陆地无线电接入 (E-UTRA)：用于移动网络的 3GPP LTE 升级路径的空中接口。另请参见第三代合作伙伴计划 (3GPP) 和长期演进 (LTE)。

固定无线接入 (FWA)：为固定用户和/或游牧式用户提供宽带连接的无线策略。

频分双工 (FDD)：针对发射和接收方向使用不同频率建立全双工通信链路的一种方法。

前端模块 (FEM)：包含放大器、滤波器、开关和其他组件的集成射频 (RF) 模块。

全维度多路输入/多路输出 (FD-MIMO): 可以在水平 (方位角) 和垂直 (仰角) 方向上形成波束的天线系统。

立法提案的进一步通知 (FNPRM): 立法提案通知修正案。另请参见立法提案通知 (NPRM)。

砷化镓 (GaAs): 用于制造微波 RF 集成电路等器件的半导体化合物, 混合了镓元素和砷元素。

氮化镓 (GaN): 直接带隙半导体, 与硅相比效率更高, 具有卓越的速度、温度和功率处理特性, 在功率电子设备中日益得到广泛使用。

每秒千兆比特 (Gbps): 数据传输速度或吞吐量的度量标准。1 千兆比特等于 10 亿比特。

千兆赫 (GHz): 频率的度量标准。1 千兆赫等于 10 亿赫兹。

全球移动通信系统 (GSM): 使用时分多址 (TDMA) 变化的第二代数字移动电话系统。

GSM 联盟 (GSMA): 代表全球移动运营商利益的组织。

高功率用户设备 (HPUE): 特殊类别的用户设备, 用于 LTE 蜂窝网络。也称为高性能用户设备。

电气与电子工程师学会 (IEEE): 促进技术进步的技术专业组织。

国际移动通信 (IMT): 国际电信联盟 (ITU) 发布的标准。另请参见国际电信联盟 (ITU)。

国际电信联盟 (ITU): 负责协调全球电信运营和服务的联合国机构。

物联网 (IoT): 由智能互联设备组成的系统。

站点间距离 (ISD): 蜂窝部署中各基站之间的标称距离。

千赫兹 (kHz): 频率的度量标准。1 千赫兹等于 1,000 赫兹。

许可辅助访问 (LAA): 一种 LTE 功能, 结合使用 5 GHz 未许可频段与许可频谱, 为移动设备用户提供增强的性能。

许可共享访问 (LSA): 一种允许动态共享许可频谱的理念。

长期演进 (LTE): 由第三代合作伙伴计划 (3GPP) 制定的高速无线通信用电信标准。

低噪声放大器 (LNA): 一种提供增益的电子放大器, 专门设计用于将最少的附加噪声引入信号。

低功耗广域网 (LPWAN): 一种无线电信网络, 设计用于允许以低比特率在连接的电池供电传感器和设备之间进行长距离通信。

机对机 (M2M): 设备、传感器或其他机器之间的直接通信, 无需人为干预。

大规模机器类型通信 (mMTC): NGMN 联盟定义的 5G 网络切片, 用于物联网 (IoT) 上的大规模互联设备。另请参见新一代移动网络 (NGMN) 联盟和物联网 (IoT)。

每秒兆比特 (Mbps): 数据传输速度或吞吐量的度量标准。1 兆比特等于 100 万比特。

兆赫兹 (MHz): 频率的度量标准。1 兆赫兹等于 1 百万赫兹。

毫米波 (mmWave): 30 GHz 和 300 GHz 之间的频谱频段。

毫秒 (ms): 千分之一秒。

单芯片微波集成电路 (MMIC): 一种集成电路, 在单裸片上设计多个级或功能。

多路输入/多路输出 (MIMO): 无线通信技术, 在源和目标处使用多个天线, 结合其发送/接收功能减少错误并优化数据速度。

多无线电接入技术 (multi-RAT): 多个异构网络层作为单个网络运行。

窄带物联网 (NB-IoT): 一种 LPWAN 标准, 可使用蜂窝通信频段连接各种设备和服务。另请参见低功耗广域网 (LPWAN)。

新无线电 (NR): 5G 新物理接口的无线标准。

新一代移动网络 (NGMN) 联盟: 由全球移动网络运营商创建的开放式论坛。

立法提案通知 (NPRM): 美国政府的一个独立机构在立法过程中希望增加、删除或更改规则或法规时依法发布的公告。

2 级功率 (PC2): 高功率用户设备的 3GPP 标准。另请参见第三代合作伙伴计划 (3GPP) 和高功率用户设备 (HPUE)。

正交幅度调制 (QAM): 一种数字调制技术, 其中信息符号与离散幅度和相位状态相对应。

单载波频分多址 (SC-FDMA): 一种接入方案, 用于将多个用户分配给产生单载波发射信号的共享通信资源。

表面声波 (SAW): 沿弹性材料表面传播的声波, 其幅度通常随进入基板的深度呈指数级衰减。

第三代合作伙伴计划 (3GPP): 联合制定 GSM、4G LTE 和 5G 标准的电信行业合作伙伴联盟。

Thread: 一种网络协议, 用于本地无线网状网络上的物联网智能家居自动化设备。

时分双工 (TDD): 一种双工通信链路, 其中上行链路和下行链路由相同频段中的不同时间隙分隔。

超高频 (UHF): ITU 对范围在 300 MHz 和 3 GHz 之间的射频的定义。

超可靠的低延迟通信 (uRLLC): NGMN 联盟针对任务关键型服务定义的 5G 网络切片。另请参见新一代移动网络 (NGMN) 联盟。

通用移动通信系统 (UMTS): 第三代 (3G) 宽带, 基于数据包以高达 2 Mbps 的数据速率传输文本、数字化语音、视频和多媒体。

用户设备 (UE): 通用移动通信系统 (UMTS) 或第三代合作伙伴计划 (3GPP) 长期演进 (LTE) 网络中的任何终端用户设备。另请参见通用移动通信系统和第三代合作伙伴计划。

虚拟现实 (VR): 计算机生成的单个对象或多个对象的三维 (3D) 图像表示, 用户与该对象交互的方式类似于与现实对象交互的方式。

Web 实时通信 (WebRTC): 一系列协议和应用程序编程接口 (API), 可通过对等网络实现实时通信。

世界无线电通信大会 (WRC): 国际电信联盟组织的会议, 旨在审查和修改对射频 (RF) 频谱的使用。另请参见国际电信联盟 (ITU)。

ZigBee: 用于小型低功耗个人区域网络和智能家居自动化的高级通信协议的集合。

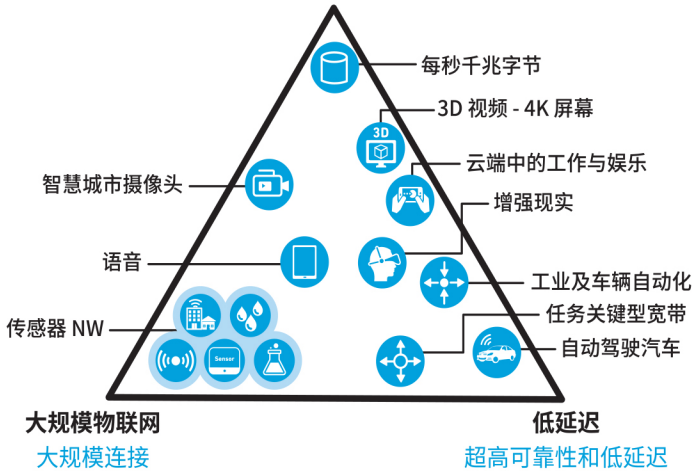
融合 5G 的 各种用途

Qorvo 所有的 5G 射频案例。

增强型移动宽带

容量提高

Qorvo: LTE-A, Pro、扩展频段、固定无线 mmW、
波束控制基础设施、高效 FEM



Qorvo: 超低功耗 RF 连接、ZigBee、
Wi-Fi、Cat M、Thread

Qorvo: 大规模 MIMO、
载波聚合、基础设施

(数据来源: Qorvo, Inc., 根据 ITU-RIMT 2020 要求)



为未来的物联网和 移动通信市场做好准备

新一代移动宽带网络 — 5G — 即将来临。相比如今的移动网络，5G 技术将带来更出色的性能、覆盖范围和可靠性，并将改变整个行业。5G 将支持新的使用案例，包括大规模物联网、任务关键型服务和增强型移动宽带。通过本书了解载波聚合 (CA)、大规模多路输入 / 多路输出 (MIMO) 以及小基站密集化等创新技术如何开启 5G 时代。

内容 ...

- 识别 5G 的主要需求驱动因素
- 通过 4G LTE 技术实现扩容
- 降低延迟并扩大覆盖范围
- 为数万亿台物联网设备提供容量
- 支持任务关键型应用
- 利用许可和未许可频谱

请访问 Dummies.com[®]

以获取视频、分步拍摄的照片、
指导文章或进行购买！

QORVO
all around you

Lawrence Miller 在各行业从事信息技术工作已超过 25 年。他是 CISSP 傻瓜书的合著者，还针对许多技术和安全主题撰写了 100 多本其他的傻瓜书。

for
dummies[®]

ISBN: 978-1-119-46713-7
不得转售

WILEY END USER LICENSE AGREEMENT

Go to www.wiley.com/go/eula to access Wiley's ebook EULA.