

实现载波聚合

FOR
DUMMIES[®]

Qorvo[®] 专版

Larry Miller

WILEY

实现载波聚合 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© 2016

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、机械、影印、录制、扫描等形式或方式传输,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)、Dummies版(For Dummies)、Dummies版人像标识(Dummies Man)、Dummies版之路(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。Qorvo和Qorvo标识是Qorvo公司的商标。所有其他商标也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合性保证。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。

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Dummies版书籍,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Dummies版品牌许可,请联系:BrandedRights&Licenses@Wiley.com

ISBN 978 - 1 - 119 - 25895 - 7 (pbk); ISBN 978 - 1 - 119 - 25897 - 1 (ebk)

美国制造

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

出版商鸣谢

我们为本书以及为其付出辛勤劳动的所有人感到自豪。关于如何针对您的公司或组织定制*Dummies*，请联系：BrandedRights&Licenses@Wiley.com，或访问网站：www.wiley.com/go/custompub。关于如何为产品或服务申请*Dummies*版品牌许可，请联系：BrandedRights&Licenses@Wiley.com。

为本书上市做出贡献的部分人员有：

项目编辑： Martin V. Minner

购置编辑： Katie Mohr

编辑经理： Rev Mengle

业务开发代表： Karen Hattan

生产编辑： Siddique Shaik

特别援助： Dennis Mahoney、David Schnauffer、Philip Warder、Mark Wong、Nicolas Layus、Tanuj Khurana、Les Young、Brian Bailey、Warren Strand

引言

载

波聚合 (CA) 技术为移动设备设计人员和制造商提出了挑战，需要采取创新解决方案以解决移动设备架构难题。不同的天线拓扑结构、开关设计和前端元件等因素都提出了技术挑战，必须从新一代移动设备的设计和工程制造方面着手解决，以完全发挥出最新载波聚合技术和未来发展的潜力。

另外，移动设备内部有限的物理空间也意味着，多工器、双工器、滤波器、天线开关模块和功率放大器等各个元件必须提高效率、减小尺寸并提高集成度。

关于本书

本书旨在描述发射和接收架构（第 1 章），考察市场和应用挑战（第 2 章），展望载波聚合技术的未来发展趋势（第 3 章），并简要介绍关于载波聚合技术的一些重点（第 4 章）。

Dummies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。

首先，我假设您是移动载波行业的一位销售经理或工程师，因此，您具备一定的技术背景。我同时假设，您对载波聚合应用及其带给贵组织的利益感兴趣。

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，您会更了解载波聚合应用！

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：



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！



您不会在这里看到人类基因图谱（不过，也许会吧），不过这个符号解释的术语中的术语 - 所谓“技术宅”或“传奇”就是靠它炼成的。这个符号会在术语下方解释术语！



感谢您的阅读，希望您能享受本书，还请照顾一下作者！严格来说，这个符号所指的是一些有帮助的建议和实用内容。



这个符号表示妈妈的告诫。好吧，这是玩笑。但最好留意，说不定会节省时间，减少麻烦！

书本之外

虽然本书信息庞杂，但在短短 24 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 www.qorvo.com。

从哪里开始

第 1 章可能是不错的选择。尽管如此，如果您觉得哪一章让您兴趣大增，您也可直接跳读该章。每章自成一体，所以从哪里开始都可以。只要您觉得合适，您可按照任何顺序阅读本书（不过，反着或倒着就算了）。

第1章

了解发射和接收架构

内容提要

- ▶ 了解天线拓扑结构
- ▶ 选择正确的开关
- ▶ 评估射频前端的影响
- ▶ 考虑共存挑战

在

本章中，您将了解不同的架构元件以及设计人员必须了解的相关挑战，构建出更好的设备以支持载波聚合 (CA)。

了解天线拓扑结构

4G LTE（长期演进）CA 和 MIMO（多输入/多输出）传输方案为射频设计人员设计射频前端架构提供了多种设计选项。

不同的双工器、多工器、同向双工器、MMPA（多模式/多频段功率放大器）和发射模块都会带来不同的射频前端架构设计路径。图 1 - 1 展示了运用双工器设计和多工器设计为何会形成非常不同的频段 1/3 方案。在本例中，双工器设计方案比多工器设计方案更加复杂，需要为每个频段使用独立的双工器，以及开关和移相器。

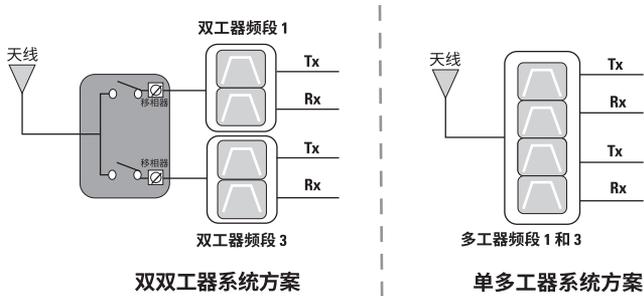


图 1-1: 双工器设计与多工器设计示例。

另一种设计考虑是使用宽带天线带同向双工器，还是使用窄带天线，如图 1 - 2 所示。使用图中所示同向双工器设计可减少用户设备 (UE) 中的天线数。这样做不但可以降低天线间干扰的可能性，还能增加可用电路板面积以用于其他元件。

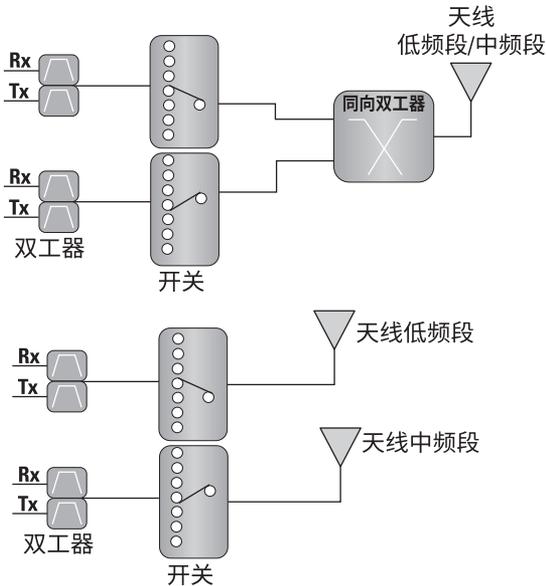


图 1-2: 射频前端设计示例 (使用宽带天线加同向双工器或窄带天线)。



最后，不要忘了分集天线！如今的移动设备都有所谓的分集天线，该天线进一步增加了下行链路数据速率。尽管在射频前端架构添加分集天线具有多种优势，但需要占用很大一部分 RF 元件专用空间，因为要添加天线、同向双工器、接收滤波器（其数量等于智能手机中的频段数，最多 42 个频段）和开关，如图 1-3 所示。

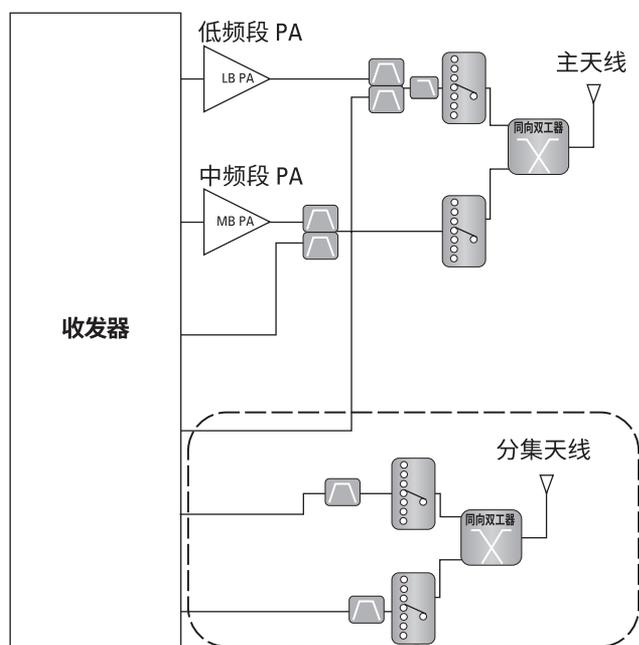


图 1-3：移动设备架构中的分集天线要求使用额外的同向双工器、接收滤波器和开关。

由于 LTE 需要增加 MIMO/分集天线，因而对前端设计形成了新的挑战。采用独立的分集天线可以提高用户设备链路的质量和可靠性。然而，蜂窝天线不是很喜欢其他天线来占用其个人空间！天线之间也需要保持距离（蜂窝频率下一般为半波长），才能维持最佳工作状态。原天线与分集天线之间的有限隔离会给 CA 带来更大问题。

如果两根天线（比如手机中的原天线和分集天线）太近，则会发生耦合（行外人可能会说“它们结合了！”）这会导致两根天线之间的功率吸收，结果对性能产生不利影响。



解决方案是添加同向双工器、接收滤波器和开关，以便尽量减小天线耦合的影响。我将在第 2 章中更加详细地说明这些不同的元件。

了解开关配置

从开关元件角度来看，设计人员可以从多种类型中选择，以便修改其设备系统架构。其中包括下列开关选项：

- ✔ **SPST（单刀单掷）**。一种简单的“开关式”开关。
- ✔ **SPDT（单刀双掷）**。在功能上相当于两个 SPST 开关，由单个机构控制。
- ✔ **ASM（天线开关模块）**。可能包括滤波器或双工器（或者二者兼有）。

开关也是非线性元件，只是其程度不如功率放大器，但它们仍然可能产生谐波和互调失真 (IMD) 产物。由于开关位于天线附近以进行路径选择和天线交换，所以它们通常不具备滤波的优势（滤波可以抑制可能产生 IMD 的无用信号）。因此，CA 开关必须具备超高的线性度。

对 CA 来说，开关隔离也是一个重要的考虑因素。必须由一个在 CA 模式下支持多频段的开关在端口之间提供充足的隔离，以防止耦合路径。举例来说，如果开关隔离不足，由同向双工器中的滤波机制负责衰减的低频段谐波可能绕过该滤波器，耦合至高频段接收路径。

评估射频前端的影响

对用户设备 (UE) 设计人员来说，主要挑战是设计出具有多个同步接收和发射链的移动设备，这些接收和发射链会给设备带来互调和交调问题。因此，设计人员需要设计出有助于减少谐波和其他互调产物的前端元件（包括开关、滤波器、同向双工器和 PA（功率放大器））（详见《载波聚合技术Dummies》），从而使设备符合 3GPP（第三代合作伙伴计划）的要求。

LTE Advanced 的 CA 限制会对 RF 前端设计形成额外的压力。借助 CA，可使用高达 100 MHz 及以上的扩展带宽，因此，在满足前端元件要求方面，设计人员面临的压力要大得多。



虽然对设备用户来说，这些要求有利于提高数据速率，但对设备设计人员来说，却形成了巨大的挑战。不要忘了——所有这些都是需要装进空间更小的设备中，还要集成到微型模块设计之中！

四工器支持两个 FDD 频段，六工器支持三个。六工器滤波器设计可以支持三频段通信，但要在一个模块中添加一个滤波器，结果对滤波器设计人员形成进一步的挑战。



在用两个双工器取代一个多工器以分隔频段的情况下，则可在天线与双工器之间用一个独立的滤波器（同向双工器）来分隔频段（例如，高频段和低频段设计）。

双频段 CA 非常复杂。但随着分量载波 (CC) 的数量增至三个、四个或更多，其对前端设计的影响将呈指数级增长。在这些情况下，移动设备中产生互调产物、共存和信号干扰的可能性会增加。

由于接收器活动增多，所以，CA 运行也会对设备功耗产生影响。更多的处理活动以及更多的上行链路或下行链路活动可能会影

响接收器和发射器架构。功耗受 CA 配置设置以及 CC 状态的影响。不过,对采用与未采用 CA 的智能手机的研究表明,功耗有所改善,如图 1-4 所示。

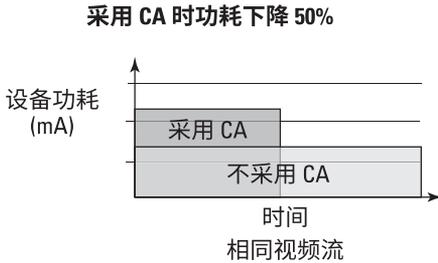


图 1-4: CA 可以延长智能手机的电池寿命。

第2章

克服市场和应用挑战

内容提要

- ▶ 利用多工器降低系统复杂性和空间要求
- ▶ 选择要使用的开关
- ▶ 利用集成射频元件提高空间利用效率

在本章中，您可以了解移动设备制造商和设计人员如何利用各种元件技术克服复杂性、空间限制、线性度、隔离、谐波发生、互调产物等挑战。

发挥多工器、双工器和滤波器的优势

智能手机可以在采用独立天线和分立式双工器的小间距频段中部署载波聚合技术。例如，频段 1 和频段 3 都可以有专用的双工器和天线。或者，多工器也可配合一根天线使用。对于单频段 FDD - LTE，主要挑战是插入损耗和带内隔离。带内隔离必须足够高，以防止发射频率与接收频率之间发生干扰。对接收频段中的发射信号进行衰减可以避免接收器灵敏度下降。

多工器有助于简化和加快载波聚合 (CA) 技术在 4G LTE (长期演进) 设备中的普及。这些紧凑型多工器设备可以大幅减小空间需求, 并且能覆盖 CA 应用中用到的主要频段组合—比如 频段 1 和 频段 3。

多工器这种设备可以分离从一个共用输入到多个输出的信号, 根据具体频段频率对输出端口进行排序。多工器实际上是一组不重叠的滤波器, 其组合方式可最大限度地减小负载效应。滤波器经过仔细匹配, 在输出之间实现高度隔离和交叉隔离。

在图 2 - 1 所示例子中, 一个多工器取代了两个双工器, 因此, 对系统工程师来说, 可以降低尺寸和复杂性。这种集成方式也可以减少每台智能手机中的元件总数, 对设备制造商来说, 可以降低装配成本, 加快上市时间。然而, 该解决方案为多工器设计人员带来了其他挑战。多工器设计人员必须辛苦地匹配各频段双工器滤波器, 以达到严格的隔离、交叉隔离、衰减和插入损耗规格要求。

QM25005 与分立式解决方案

节省 27% 的面积

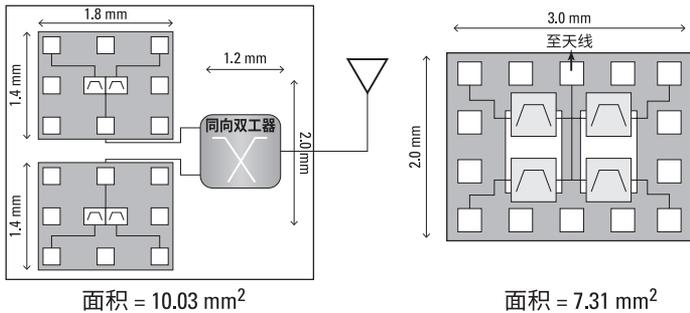


图 2-1: 在这种情况下, 相比多工器, 双工器可节省 27% 的面积。

用于 RF 前端架构的多工器旨在帮助 CA 提高移动设备网络数据速率。对工程师来说，设计简洁性是另一个优势。如图 2 - 2 所示，与双工器设计相比，采用多工器的架构并不需要移相器或开关。

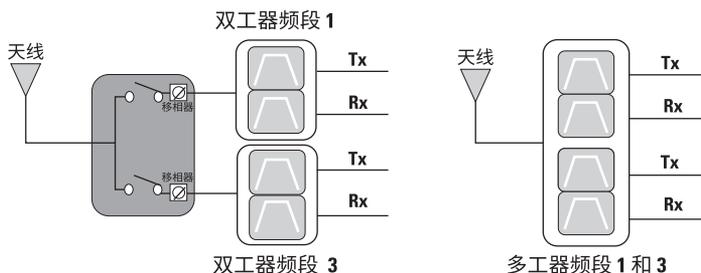


图 2-2： 一个多工器（右）可以代替两个双工器（左）。

多工器解决方案可以简化设计，减小产品尺寸，节能，并提高系统整体性能。这样，移动设备设计工程师可以向客户提供卓越的产品，加快新一代无线设备的交付。

考虑天线开关模块、分集开关和天线调谐器

移动设备中 RF 前端的设计日益复杂，要求越来越苛刻，因为智能手机的工作频段和模式数量不断增多。例如，如今的智能手机可以横跨多个蜂窝频段工作，包括 GSM、EDGE、CDMA、UMTS、WCDMA、LTE、LTE - A、TD - SCDMA 和 TD - LTE。

RF 前端架构的一个主要元件是天线开关或天线开关模块 (ASM)。该 RF 元件用于选择将哪条发射器 (Tx)/接收器 (Rx) 路径连接到天线。

智能手机和平板电脑用户的最近趋势是同时下载大量数据。这样做会提高对带宽的需求, 以及对称为分集路径的额外通道需求。

使用分集 Rx 路径可以增加接收器通道上的下行链路插入损耗低且射频性能优秀的分集开关是首选方法。如今, 覆盖七个或更多不同 UMTS/LTE/LTE - A 频段的分集开关已经成为用户设备 (UE) (即手机) 的标配。

用户设备设计人员必须考虑射频开关的这些关键参数:

- ✔ **插入损耗:** 这是一项重要参数, 因为开关位于天线与无线电模块之间。另外, 开关是整个前端链路预算的关键因素。插入损耗上升会增加接收路径中的系统噪声系数 (NF), 且必须加大电流才能获得相同的天线发射功率。
- ✔ **隔离:** 隔离是一项端口间指标, 超过 (关闭的) 端口之间的插入损耗。端口之间的高隔离可以减少端口间的干扰、泄漏或灵敏度劣化。
- ✔ **功率处理能力:** 天线开关必须能处理所属系统要求的输入功率水平, 同时不能产生损坏或者不可接受的性能损失, 比如谐波或压缩比升高。
- ✔ **输入 IIP3 (IIP3):** 在 FDD 模式中, 发射器和接收器都同时连续工作。发射信号可能因 Tx-Rx 隔离不足而泄漏到接收器路径中。进行非线性度 IIP3 测量是为了了解系统线性度性能。

随着移动通信数据传输速率需求的全面加大, 对更高带宽的需求也会增加。为了解决这一需求, 3GPP 联盟正在定义更多频段。LTE - Advanced 标准指定了可用于传输移动信号的 44 个 LTE 频段。因此, 手机天线必须能在多个频段取得良好的性能, 结果, 根据所选频段调谐天线的需求增加。这就是天线调谐变得重要的原因。

天线调谐产品会最大限度地提高传输到天线的功率，并优化天线端的辐射效率。这些调谐产品可提高电池寿命，增加数据吞吐量，延长通话时间，从而大幅改善智能手机的用户体验。



在 CA 应用中，RF 开关必须具有较高的线性度和隔离水平。

利用集成式 RF 元件提高空间利用效率

在上行链路或下行链路中把两个或更多分量载波组合起来是一项重大挑战。把多个 RF（射频）分量组合成一个封装或模块设计，会大幅增加挑战。

高级封装技术（如图 2 - 3 所示）只是射频元件设计人员在这些水平下进行集成的部分方法。

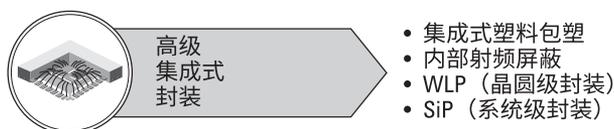


图 2-3： 载波聚合会对封装形成挑战。

运营商和移动制造商继续在其设备中增加蜂窝频段——部分设备最多包括 42 个频段。这样做最终会造成空间问题，促使制造商集成射频元件，形成多模式多频段功率放大器 (MMPA)、发射模块以及完整的一体式前端模块等设备。

这种集成趋势也会给 RF 设计人员带来性能挑战，因为他们需要减少谐波发生、互调产物和交调产物，以满足严格的无线监管标准要求。

一个重要的考虑因素是线性度。在模块化设计中，必须从整体上来审视解决方案，并调谐各集成式 RF 元件，以满足高线性度要求，即使在回退状态下也是如此。为了满足线性度要求，需要牺牲模块和设备效率以及电池寿命。



在设计中，除了线性度以外，要考虑邻近通道泄漏、杂散发射、灵敏度、选择率和互调等折衷问题。

第3章

载波聚合未来设想

内容提要

- ▶ 使元件载波迈上新（频谱）水平
- ▶ 利用未许可频谱
- ▶ 探索 5G 可能性

在

本章中，您会对载波聚合的未来略有了解。

5 分量载波现状及未来展望

2011 年，第三代合作伙伴计划 (3GPP) 在 10 版标准中对 LTE 载波聚合 (CA) 框架进行了标准化，允许最多 5 个载波的 CA。11 版对基本 CA 框架进行了扩展，启用了不同上行链路和下行链路配置下的带间时分双工 (TDD)。此后，CA 框架不断更新，CC 数量扩展到 32 个。这将极大地提高 LTE 可实现的数据速率。

目前，用户产生的内容拥有超高的分辨率，超过 1000 万像素，甚至高达 2000 万像素。这种趋势，加上视频的日益普及，意味着对网络和设备容量以及设备电池寿命的影响日益加大。CA 的部署无论在地理范围还是复杂性上将继续快速增长。运营商希望利用其碎片化的频谱分配提供不断加快的数据速率，在此背景下，在今后几年，三频段、四频段、五频段、六频段甚至更多频段的许多新组合有望投入使用。随着聚合 CC 数量的增加，每台移动设备

中需要更多的并行通道以进行同步传输。创建这些并行通道有多种方法：

- ✔ **更多天线：**这种方法面临的挑战在于，额外天线所需的空間可能与其他设计要求冲突，包括把更多特性和对更多频段的支持集成到小型超薄手机中。
- ✔ **分频器（如同向双工器）：**如前所述，这种方法主要用于间隔较宽的频段。一般地，同向双工器可以把两个发射器组合起来，或者把用于载波聚合的单根天线上的两个接收器分离开来。
- ✔ **多工器：**随着 CC 数量的增加，这些设备的重要性会不断增加。例如，聚合三个或更多载波会极大地增加使用小间隔频段的概率，因而更可能需要多工器，包括四工器和六工器。

利用未许可频谱



可用未许可频谱量比许可频谱量大，因而具有显著的优势，比如

- ✔ 更好的用户体验：
- ✔ 更高的频谱效率
- ✔ 更低的运行成本

许可和未许可频谱的聚合由 13 版标准定义，原小区使用许可频段，二级小区使用未许可频段。借助这种策略（称为许可辅助访问 (LAA)），移动运营商可以在许可频谱中提供控制通道、关键数据和服务质量 (QoS)，同时利用未许可频谱作为补充下行链路 (SDL) 来提升数据速率——比如，适时支持下行链路方向流量，如图 3 - 1 所示。

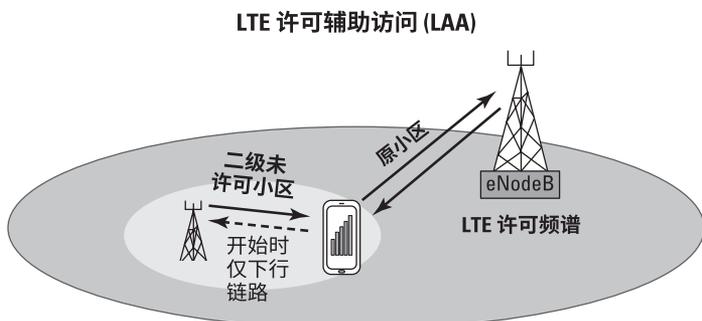


图 3-1：LTE LAA 聚合许可和未许可频谱。

针对未许可频谱载波聚合的其他方案包括同时在下行链路和上行链路传输中使用未许可频谱，另外还有一种独立模型，用于在无许可频谱条件下聚合未许可频谱。

探索 5G 时代的 CA

载波聚合无疑会在 5G 时代得到广泛运用。未许可频谱（3GPP 13 版中的 LTE - U 和 LAA）中的 LTE 提供了一种统一的选项，可供运营商在许可、新许可和未许可频谱中利用 CA，为 5G 统一网络铺平道路。

展望未来，将出现针对运营商需求定制的各种 CA 部署方案。随着聚合 CC 的增多，再加上多输入多输出 (MIMO) 技术以及 FDD 和 TDD 频率的聚合，数据速率将远远超过 1 Gpbs。

对运营商来说，未来 CA 的另一个趋势是把碎片化的频谱整合起来，以形成大频谱群或组合。这需要运营商和政府机构的通力合作。这一趋势非常重要，因为运营商可以提供的数据量完全取决于其拥有的频谱。整合碎片化的频谱可实现运营商及客户梦寐以求的千兆速率。

由于 5G 中有很宽的可能频率可用于 CA，所以，采用 CA 的运营商可以选择使用不同的信号格式。这一过渡需要 CA 部署具有更大的灵活性和设计架构，以实现同步运行。

第4章

需要记住的载波聚合十大要点

内容提要

- ▶ 回想关于载波聚合的“事实”

一旦认识它们，你就会爱上它们。以下是需要记住的、关于载波聚合 (CA) 技术的十件重要事情，以经典 *Dummies* 风格呈现！

- ✔ CA 可解决移动运营商面临的供需挑战。CA 把多个碎片化的 LTE 频谱组合起来，提高数据速率，提升网络性能。
- ✔ 目前，CA 支持聚合最多五个 CC。新的 CA 技术可聚合最多 32 个 CC。
- ✔ CA 最多可组合五个 20 MHz 的 CC，总共形成 100 MHz 的带宽。当然，很快就会取得进一步发展！例如，Sprint 已经成功演示 2.6 Gbps 的吞吐量，聚合六个 CC 聚合，形成共 120 MHz 的 TDD（时分双工）频谱。
- ✔ “带内连续”是最简单的载波聚合部署场景。把多个邻近的 CC 聚合在一个工作频段中以提高容量。
- ✔ 可用频谱。未许可的可用频谱量比许可频谱量大。
- ✔ 如今已经开始部署带内连续和非连续载波聚合。这种部署场景在北美和欧洲很常见。对于带内和非连续聚合，不宜使用单个宽带 RF 前端，因为运营商之间的信号具有未知性质。

- ✔ CA 还会增加分集/MIMO 路径的复杂性。分集路径要求使用同向双工器，从主路径耦合的信号可能造成灵敏度劣化问题。
- ✔ CA 可以提高大数据文件的下载速度和效率。使用 CA，大视频文件的下载只需要几秒钟而非几分钟。
- ✔ 多工器可以降低 RF 前端的复杂性，节省宝贵的空间。一个多工器可以代替两个双工器及其关联开关，在一些设备设计中可以大幅节省电路板空间！
- ✔ CA 的未来一片光明。随着越来越多的未许可频谱发布和使用，越来越多的许可频谱腾空，运营商将拥有更多可能，利用 CA 抓住未来的 5G 机遇。