

第二代 802.11ac 技术常见问题答疑

关于标准、性能以及特性

问题：什么是 802.11ac？

回答：802.11ac 是一个新型无线局域网技术，相比较它非常成功的前辈--802.11n，这项新技术又有了显著的性能提升。802.11n 为企业提供了需要的无线连接速度，让企业通过 WiFi 进行日常的业务运营，同时让员工把无线网作为他们首选的网络连接方式。IEEE 标准的 802.11ac 工作在 5GHz 上，理论速度达到 6.9Gbps，是 802.11n 的 11.5 倍（表 1）。802.11ac 技术有两个版本投入市场：第一代（Wave 1）和第二代（Wave 2）。

表 1. 比较 802.11ac Wave 2, Wave 1 和 802.11n

	802.11n	802.11n IEEE Specification	802.11ac Wave 1 Today	802.11ac Wave2 WFA Certification Process Continues	802.11ac IEEE Specification
Band	2.4 GHz & 5 GHz	2.4 GHz & 5 GHz	5 GHz	5 GHz	5 GHz
MIMO	Single User (SU)	Single User (SU)	Single User (SU)	Multi User (MU)	Multi User (MU)
PHY Rate	450 Mbps	600 Mbps	1.3 Gbps	2.34 Gbps - 3.47 Gbps	6.9 Gbps
Channel Width	20 or 40 MHz	20 or 40 MHz	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz	20, 40, 80, 80-80, 160 MHz
Modulation	64 QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM	256 QAM
Spatial Streams	3	4	3	3-4	8
MAC Throughput*	293 Mbps	390 Mbps	845 Mbps	1.52 Gbps- 2.26 Gbps	4.49Gbps

* Assuming a 65% MAC efficiency with highest MCS

问题：802.11ac Wave 1 和 Wave 2 两个版本有什么功能上的区别？

回答：Wave 1 已经有两年半的商用背景了，Wave 2 在 Wave 1 的基础上做出了一些非常重要的增强：

- 在 5GHz 频率上支持的速率由之前的 1.3Gbps 到高达 2.34Gbps
- 支持多用户多输入多输出(MU-MIMO)
- 提供了 160 MHz 的信道宽度选项以实现更高的性能
- 提供第四空间流选项以实现更高的性能
- 可以在世界范围运行更多的 5 GHz 信道

问题：这些 Wave 2 增强功能到底是做什么的，为什么我们需要这些增强？

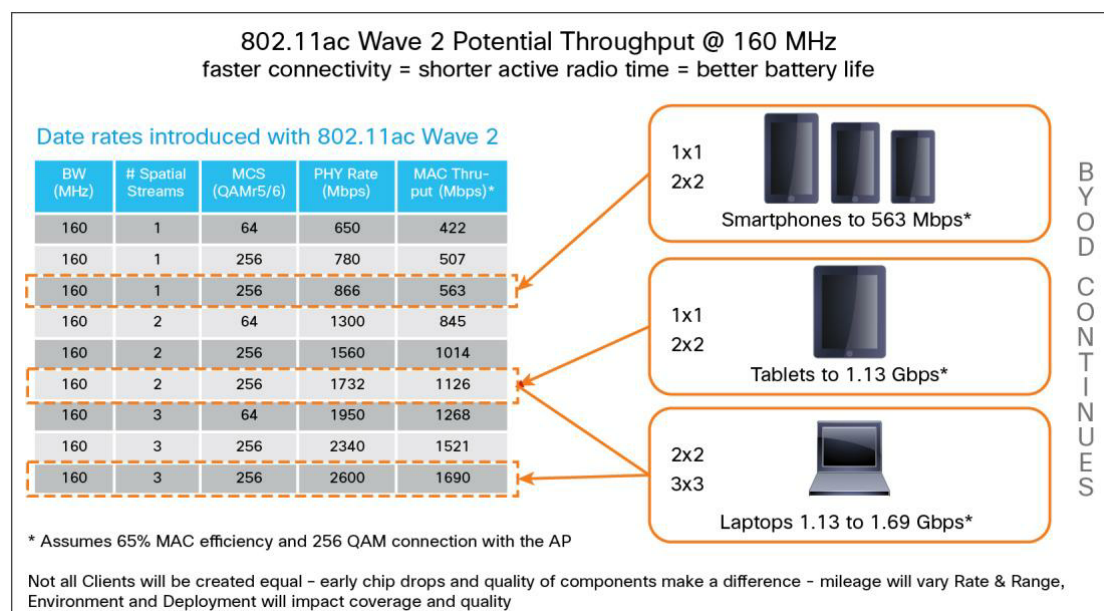
回答：表 2 描述了新增的特性以及为什么它们变得重要。

Wave 2 特性	商业驱动和趋势	细节
在 5GHz 上高达 2.34Gbps 的数据连	快速增长的移动视频应用和 IP 语音通话	更高的速度和效率提供了足够的带宽来支持对时延敏感的视频和语音流量，同时对越来越

接速率		高的客户端密度提供了支持
多用户多输入多输出 (MU-MIMO)	<ul style="list-style-type: none"> 高密度无线网：终端用户持续向可移动性转移，同时基于 WiFi 的物联网设备越来越多 单用户的多个设备互联 对“完全无线办公”用户体验的兴趣 	<ul style="list-style-type: none"> 首次提供了多个无线设备并发下行通信，提高了频谱的使用效率 让客户端设备更快地连接和断开网络，所以能让更多客户端使用网络
160 MHz 信道	快速的大文件投递和数据吞吐	理论传输能力达到 2.3Gbps，相比之下： 802.11n 最高只支持 450Mbps 第一代 802.11ac 最高支持 1.3Gbps
第四空间流	通常接收天线的数量越多，数据流能传播的距离也就越远，具体由环境决定	支持 4 个发送和接收天线，之前的版本支持 3 个接收天线
增加的 5GHz 信道	信道数量越多，就可以提供更多的带宽和遇到冲突时转移频率的灵活性	在 5GHz 频率上有 37 个不同的信道（北美地区），一些有其他的用途，或还没被授权给 WiFi 使用。当这些条件改变时，802.11ac Wave 2 就可以使用更多更宽的信道了，为 WiFi 提供了更多的带宽，支持更多用户，设备和应用。

问题：Wave 2 支持的新的数据速率是多少？

回答：Wave 2 是 802.11ac Wave 1 的超集。同样的，它支持所有 802.11ac Wave 1 支持的数据速率。在 802.11ac 调制和编码率的基础上加上对 160 MHz 信道的支持，Wave 2 提供了更高的物理层速率，最高速率受空间流的数量和调制方式的影响，见图 1。



问题：802.11ac Wave 2 工作在什么频段和信道下？

回答：实际上，Wave 1 和 Wave 2 都只能工作在 5GHz 频段下。世界范围内 5GHz 频段可用的频谱范围不尽相同，典型的是 5.15 到 5.35 和 5.47 到 5.85GHz 的一些子集。美国将这些所有子集都授予给无线局域网了（共 580MHz 宽度）。802.11ac 继续使用 20-和 40-MHz 信道宽

度，但同时为了增加吞吐量增加了 80-和 160-MHz 信道宽度。但是考虑到连续的 160MHz 频谱难以找到，还提供了一种 80+80-MHz 的模式，它把 160MHz 的波形简单地分成两个不同的 80-MHz 频率段，这样就可以更灵活地部署了。20,40 和 80MHz 是 802.11ac 上强制的信道频宽选项。

IEEE 802.11ac 标准批准和部署的时间线

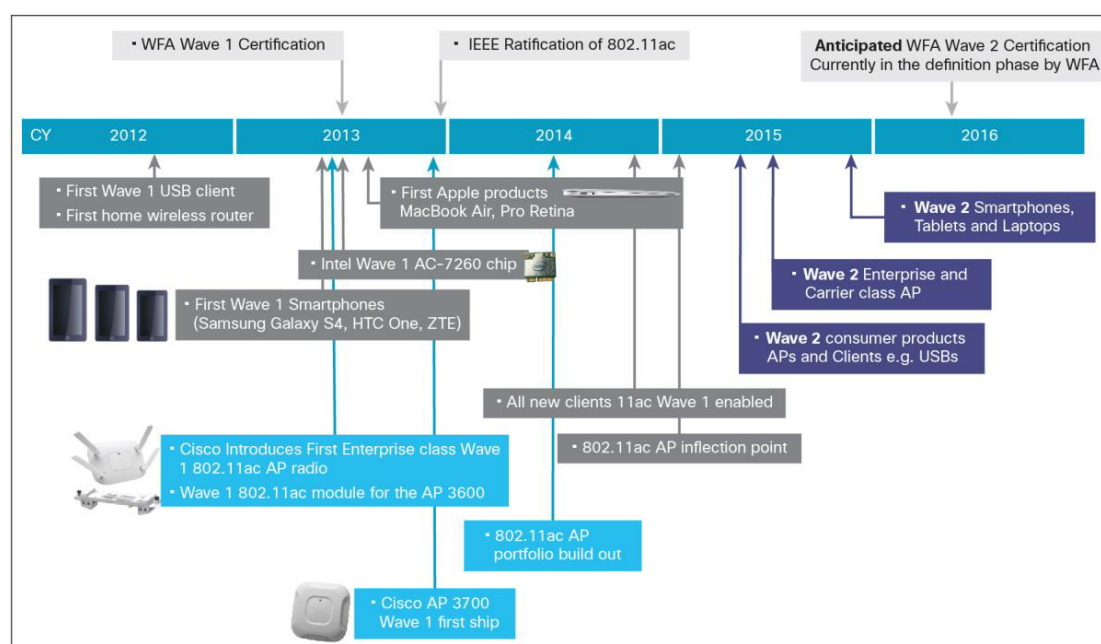
问题：为什么有两代 802.11ac 出现：“waves 1 和 wave 2”？

回答：IEEE 802.11ac 标准在新产品和技术上投入到市场时分为几个阶段的原因是 802.11ac 技术本身的多样性，把他们分成多个版本可以让业界提前利用一些优点而无需等待所有优点都可用时再使用。这个标准定义过程明显优于 802.11n 的框架，并且这个框架允许未来对其进行不断改进。

问题：我们何时可以使用 802.11ac Wave 2 产品？

回答：许多产业分析师预计最初的消费级的 Wave 2 产品会在 2015 年中期出现在市场(图 2)，事实也是如此。企业级和电信级的 Wave 2 客户端和网络基础设施产品会在之后三个月到六个月面世。这和 802.11ac Wave 1 产品投入市场时的情况是很相似的。

图 2. 预期的 802.11ac Wave 2 部署时间线



注意到支持 Wave 2 的消费级和企业级产品可能会在 WiFi 联盟发布认证程序前就投入市场了。当然，任何在认证前就投入市场的产品存在不兼容其他 802.11ac 设备和客户端的风险。但是思科有信心在联盟启动认证程序时会得到认证（预计在 2016 年后半年的中期）

问题：当 802.11ac Wave 2 客户端投入使用时，他们会是全功能的吗？

回答：预计单个或 2 个空间流的客户端会占据 Wave 2 客户端的大多数，紧接着是 3 个空间流的客户端。这与我们现在看到的支持 Wave 1 的客户端设备情况相似。消费级的 Wave 2

解决方案预计在 2015 年中期面世，而企业级 Wave 2 客户端解决方案会在 2015 年底浮出水面。

多用户 MIMO 对比单用户 MIMO

问题：什么是 MU-MIMO,它如何帮助我的网络提高性能？

回答：MU-MIMO 是多用户多输入多输出的缩写，它是 802.11ac Wave 2 中引入的全新的特性。Wave 2 MU-MIMO 需要无线接入点和客户端同时支持才能工作。如表 1 所示，它作用在下行流量中，也就是无线接入点到客户端方向，它支持无线接入点同时向多个客户端输送数据。这与 Wave 1 和以前的单用户 MIMO 802.11n 协议不同，这些协议只支持同一时间无线接入点只能快速有效率地向一个客户端设备通信。

图 3. 单用户 MIMO(SU-MIMO)操作

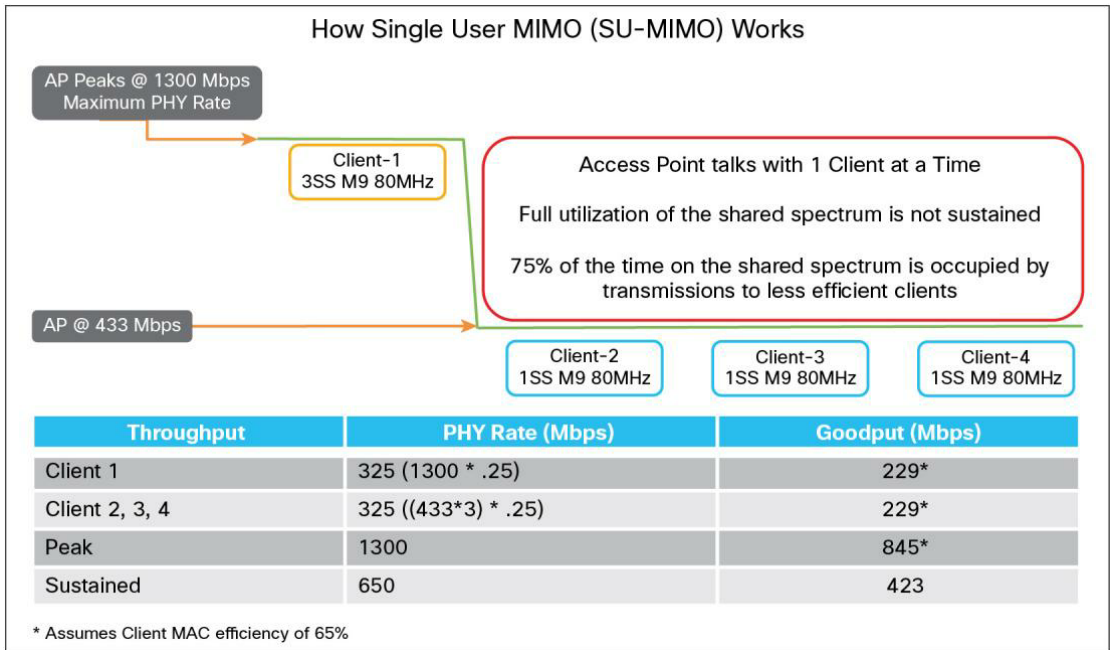
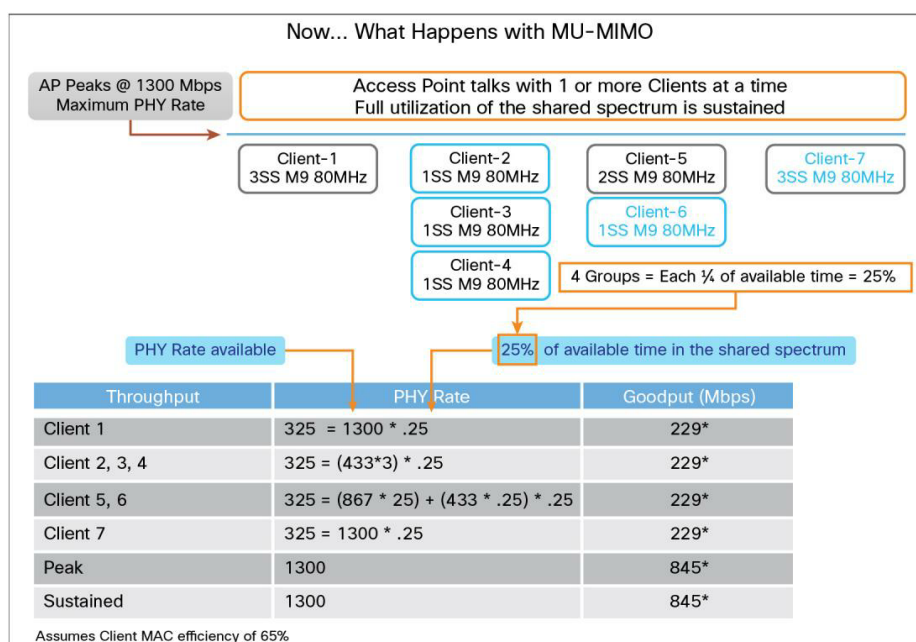


图 4. MU-MIMO 操作



问题：MU-MIMO 是否向后兼容 802.11ac Wave 1 或者其他老协议？

回答：不兼容。802.11ac Wave 1 或其他旧 802.11 协议的 WiFi 客户端设备不能通过软件升级支持。

问题：MU-MIMO 比 SU-MIMO 有何优势？

回答：SU-MIMO 同一时间只能与一台 WiFi 客户端设备通信，而 MU-MIMO 可以在下行方向（无线接入点到客户端）上同时与多台 WiFi 客户端设备通信。

问题：MU-MIMO 最多支持多少客户端？

回答：802.11ac Wave 2 标准限制同时与它通信的客户端数量最多不超过 4 个，在一个 MU-MIMO 传输中所有客户端最多使用 8 个空间流，或者每个客户端最多使用 4 个空间流。所以一个无线接入点可以与两个各使用 1 个空间流的客户端通信（1+1），或者每个客户端使用 4 个空间流（4+4），或者 4 个各使用 2 个空间流的客户端（2+2+2+2），或者无规律的组合（比如 1+2+3 或 2+3+3）。

无线接入点传输比它拥有的天线数量多的空间流是不可能的，而且尽管如此，最好还是用一个天线来作为冗余提升可靠性而不是用做空间流。所以一个有 4 根天线的 AP 可能只支持 1+1，1+1+1 和 1+2 组合。

问题：MU-MIMO 只工作在下行方向上吗？

回答：802.11ac 标准只定义了下行方向的 MU-MIMO，即无线接入点同时向多个客户端传输数据。多个客户端同时协调传输不同的数据包到无线接入点的上行方向版本起初是被 802.11ac 考虑的，但是被认为短时间内难以实现。当然，无线网络大多数流量是下行方向的，所以下行 MU-MIMO 解决了大多数问题。

上行 MU-MIMO 是 IEEE 高性能无线网工作组 802.11ax 计划的关键特性，802.11ax 是下一代

802.11 WiFi 规范，预计在 2019 到 2020 年中完成标准的制定。

问题：MU-MIMO 支持多少个空间流和客户端设备？

回答：802.11ac 定义的 MU-MIMO 支持有任意多个天线和空间流的客户端，但是在多用户传输中客户端无法接收多于 4 个的空间流（对于超过 4 个空间流的情况，单用户传输模式被启用，这时可支持最多 8 个空间流）。

有效的 MU-MIMO 部署要求无线接入点的天线个数多于任一个客户端空间流的数量。思科是业界唯一的也是最早发布了 4x4 天线产品的（4 个传输天线 4 个接收天线）无线接入点供应商。基于我们 20 年累计的大量射频领域的经验和相关创新，我们一定会为市场带来健壮的 Wave 2 MU-MIMO 实施解决方案。

问题：客户端如果想体验 802.11ac Wave 2 带来的优势需要新的硬件吗？

回答：想使用 802.11ac Wave 2 的特性无论无线接入点还是客户端都需要新的硬件。从 80MHz 到 160MHz，以及从 SU-MIMO 到 MU-MIMO 的转变都是重要的技术变更。Wave 2 AP 会向后兼容旧的客户端，但是新的增强性能只有当无线接入点和客户端都是新硬件时才会工作。

问题：为使用 802.11ac，客户端需要新的天线设计或配置吗

回答：天线设计无需改变，因为 802.11ac 与 802.11a 和 802.11n 在 5GHz 上占用了同样的频段。现有的天线可以有效地在该频段上传输信号。诚然 802.11ac 信号比 802.11a/n 信号宽，但它们仍完全落在现有的 5GHz 频段上。

升级和兼容性

问题：Wave 1 硬件和 Wave 2 硬件是否互相兼容？

回答：答案是否定的。802.11ac Wave 1 不论是无线接入点还是客户端都需要新的硬件来支持：信道宽度上升到 80MHz，256 正交调幅，多达三个的空间流。这些功能使得 Wave 1 的最大数据连接速率达到 1.3Gbps，是市场上 802.11n 产品数据连接速率的大约 3 倍。同样的，Wave 2 作为 Wave 1 的超集，也需要无线接入点和客户端使用新硬件来支持新功能，比如多用户 MIMO（MU-MIMO），升级到 160MHz 的信道宽度以及对 4 个空间流的支持。

问题：802.11ac Wave 2 是否继续兼容 802.11ac Wave 1 以及其他的 5GHz 协议？

回答：是的，802.11ac Wave 2 无线接入点兼容 802.11ac Wave 1，802.11n 和 802.11a 协议的客户端设备。不过若想支持所有的 Wave 2 特性，需要无线接入点和客户端都运行 Wave 2 协议才行。

802.11ac Wave 2 的 Beamforming（波束成形）和思科的 ClientLink

问题：802.11ac 使用显式波束成形，它是怎么运作的，它的优点在哪？

回答：显式波束成形能够让无线接入点向目标客户端方向对准和聚集射频信号，反之亦然，

这样做可以提高客户端的吞吐量。显式波束成形需要客户端向无线接入点发送一些附加信息才能工作，这些附加信息让波束成形更加精确，但是这会增加数据量，算是一种折衷妥协。

与 802.11n 不同，802.11ac 只定义了一种波束成形探测方法，也就是显式探测。尽管这个方法是可选的，但这意味着实现了 802.11ac 探测协议的无线接入点和客户端组合能够运行波束成形。如果无线接入点实现了波束成形的发送端，客户端实现了波束成形的接收端（这是最典型的），单向的波束成形就实现了。如果无线接入点和客户端都实现了波束成形的发送和接收，那么双向的波束成形就实现了。像思科的 ClientLink 产品演示的那样，波束成形有很多优点，而且其他设备实现同样的探测协议的可能性也越来越高，在这种情况下，思科期望基于 802.11ac 的无线接入点和客户端能够实现 802.11ac 探测和波束成形的运转。

然而，802.11ac 修正案没有谈到 802.11ac 无线接入点如何同 802.11a 或 802.11n 客户端进行波束成形通信。考虑到现有存量巨大的传统客户端（802.11n 和第一代 802.11ac），所以实施人员应指望他们的供应商超越 802.11ac 的标准，在实现中对不同类型的客户端都可以实施波束成形功能。

问题：思科 ClientLink 3.0 还像操作 802.11ac Wave 1 那样来操作 802.11ac Wave 2 吗？对于 802.11ac 客户端和非 802.11ac 客户端呢？

回答：是一样的。ClientLink 3.0 会扩展到 802.11ac Wave 2，并且对 802.11ac 的 Wave 1 和 Wave 2 客户端提供全部 IEEE 802.11ac 探测技术支持。对于 802.11a/n 客户端，或者不支持 802.11ac 探测技术的 802.11ac Wave 1 和 Wave 2 客户端，同样提供经典的 ClientLink 改进支持。这种方法大大提高了各种客户端（包括廉价的个人设备）的可靠性和传输速率。

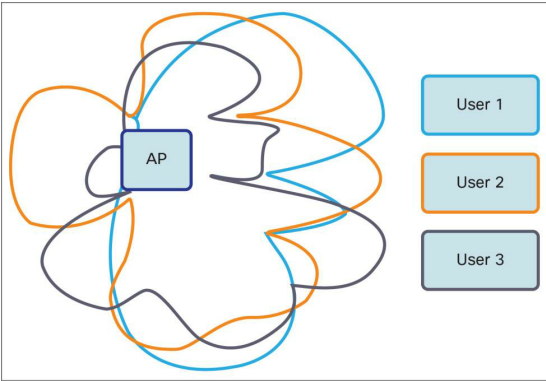
问题：波束成形、MU-MIMO 和 ClientLink 有何关联？

回答：思科 ClientLink 是波束成形的一种，叫做隐式波束成形。无需客户端设备的支持就可以工作，这使它成为普及的功能，减少系统流量的开销。MU-MIMO 可以认为是增强型的 ClientLink。ClientLink 一次只能向一个客户端发送定向信号，而 MU-MIMO 向一台客户端发送定向信号，控制信号免受其他 MU-MIMO 客户端信号的干扰，同时向第二个客户端发送定向的信号，控制它免受第一个信号和接下来可能出现的信号干扰（如果有第三台或第四台客户端也同理）。

802.11ac Wave2 的 MU-MIMO 向多台客户端发送信号（图 5）：

- 一个有四根天线的无线接入点同时向三个智能手机各发送一个空间流。
- 无线接入点必须向每个客户端发送一个空间流，同时这个空间流不能发送到其他客户端。

图 5. MU-MIMO 与多台客户端通信



千兆无线网对有线连接的影响和注意事项

问题：802.11ac Wave 2 无线接入点如何处理大于 1Gbps 的吞吐量？

回答：无线客户端的吞吐量由包括支持几个空间流数量、与无线接入点的距离、客户端和无线接入点间信号的质量、潜在的信号干扰和阻挡以及客户端设备和无线接入点的产品质量等一系列因素决定。

比如消费级的无线接入点与企业级或电信级无线接入点是建立在不同的用户群和使用需求上的。思科 ClientLink 技术主要关注于包括消费级设备在内的个人客户端设备建立最高质量的连接。同样的，客户端设备与支持 ClientLink 技术的无线接入点连接可以享用健壮的网络连接，同时从无线接入点到客户端的下行链路会达到更高的性能。

图 6. Wave 2 在不同信道宽度上的数据速率

802.11ac Wave 2 Max Data Rate at 80 & 160 MHz									
BW (MHz)	# Spatial Streams	Modulation Type	PHY Rate (Mbps)	MAC Thru-put (Mbps)*	BW (MHz)	# Spatial Streams	Modulation Type	PHY Rate (Mbps)	MAC Thru-put (Mbps)*
80	1	64	325	189	160	1	64	650	422
80	1	256	390	215	160	1	256	780	507
80	1	256	433	280	160	1	256	867	563
80	2	64	650	423	160	2	64	1300	845
80	2	256	780	507	160	2	256	1560	1014
80	2	256	867	564	160	2	256	1732	1126
80	3	64	975	634	160	3	64	1950	1268
80	3	256	1170	761	160	3	256	2340	1521
80	3	256	1300	845	160	3	256	2600	1690

▪ With 802.11ac Wave 2 we have the ability to exceed 1 Gbps of uplink traffic

1 actively serving 5 GHz radio operating at **160 MHz** e.g. 2SS at 256 QAM = 1126 Mbps
e.g. 3SS at 256 QAM = 1521 Mbps

2 actively serving 5 GHz radio's at **80 MHz** wide e.g. 3SS at 256 QAM = 780 Mbps x 2 = 1560 Mbps
e.g. 2SS at 256 QAM = 520 Mbps x 2 = 1040 Mbps

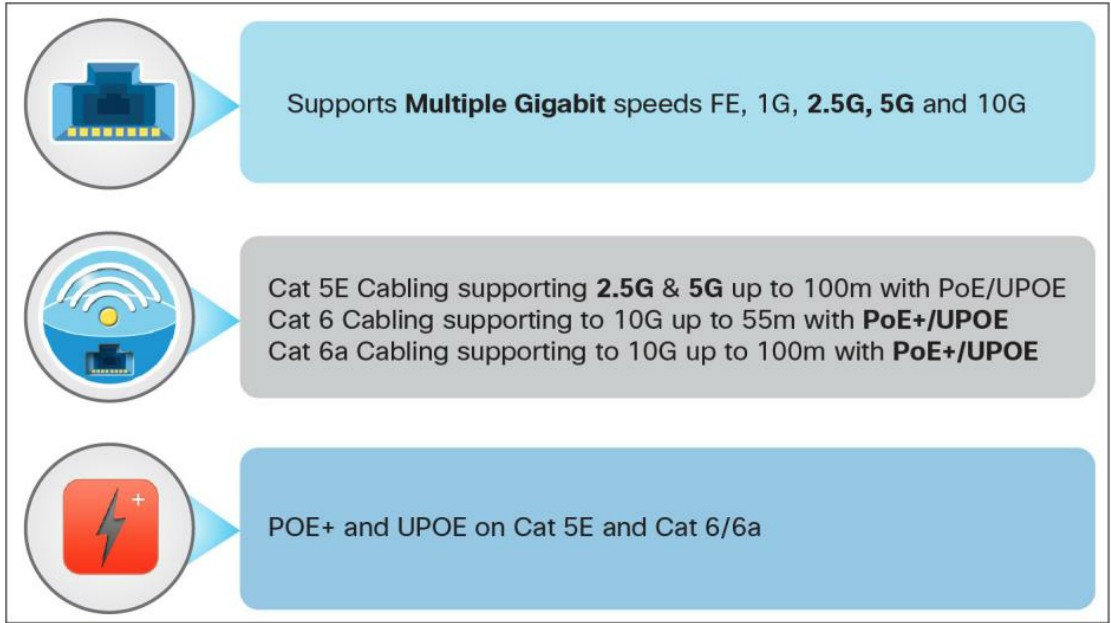
*Assumes 65% MAC efficiency

问题：有线网络设施怎么支持这些升级了的数据速率？

回答：每个无线接入点只需要一个连接到有线网络设施的上行线路，思科最近发布了基于

NBASE-T 联盟的思科 Catalyst 多千兆交换机技术，即使超过 1Gbps 的速度，用此技术也可以解决。这项技术被用在了思科 Catalyst4500E、3850 和 3560-CX 系列交换机，这为从思科选择 Wave 2 无线接入点设备做好了准备，这些交换机同样会引进基于 NBASE-T 联盟标准的以太网技术。增加的新标准支持 2.5Gbps 和 5Gbps 的以太网连接以及 1Gbps 和 10Gbps 的铜线电缆（图 7）。

图 7. NBASE-T 联盟标准的特性



问题：应用什么类型的网线连接 802.11ac Wave 2 无线接入点呢？

回答：连接基于 NBASE-T 联盟标准的千兆位级以太网端口时有很多种网线可以选用（表 3）。

表 3. 可供选择的千兆位级以太网端口网线

Cable Type	FE	1G	2.5G	5G	10G
Cat5e	●	●	●	● 100m	
Cat6	●	●	●	●	● 55m
Cat6a	●	●	●	●	● 100m

如表 3 所示，多千兆以太网在超 5 类双绞线上传输的速率达到 5Gbps，并且仍然提供 PoE 支持-是现有超 5 类双绞线吞吐量的 5 倍。对于现有的 6 类和超 6 类双绞线，多千兆以太网在现有 1Gbps 和 10Gbps 的基础上增加了 2.5Gbps 和 5Gbps，并且依然支持全功能 IEEE P802.3bt 标准的 PoE。（<http://www.ieee802.org/3/bt/index.html>）。

问题：我们有足够的可用频谱资源来支持 802.11ac Wave 2 吗？

回答：无线频谱的可用性随地域不同而变化。全球范围 5GHz 频段的扩展有两个有意思的原因：

- 2.4GHz 频段过分拥挤，信道数量有限，以及不发生重叠的信道的数量极为有限
- 802.11ac 支持更宽的信道（Wave 1 信道最高可支持 80MHz，Wave 2 信道最高可支持 160MHz），需要 5GHz 频谱来实现。

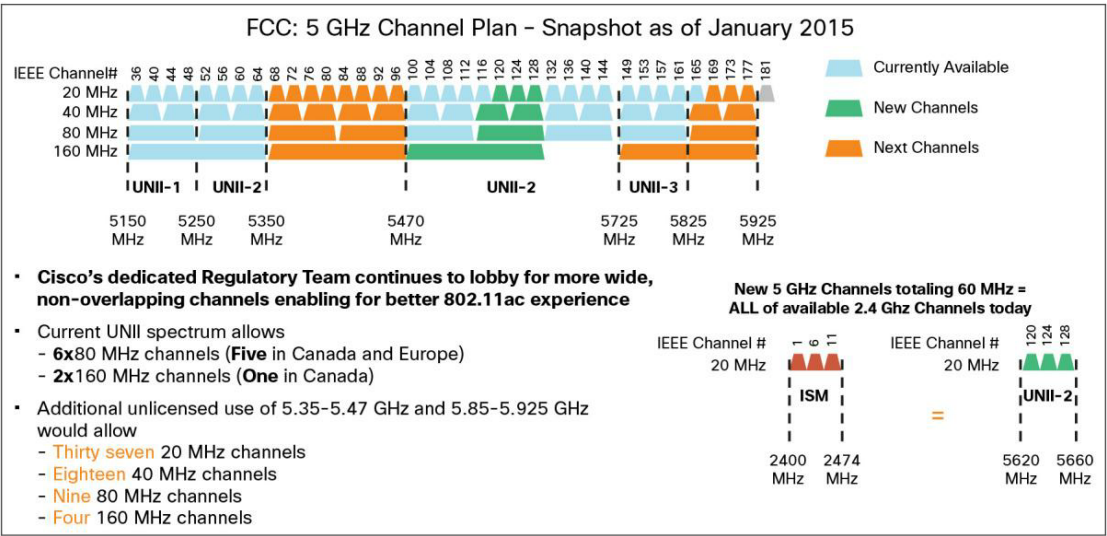
问题：扩展 5GHz 频谱的过程是怎样的？

回答：过去的两年中许多国家扩展了许可的 5GHz 信道，比如：

- 澳大利亚、新西兰和巴西增加了除 5600 到 5650 外的所有 5470 到 5725 信道
- 中国增加了 5150 到 5350

同样的，美国联邦通信委员会过去几年增加 200MHz 5GHz 频谱的计划受到了很多关注。图 8 显示了美国联邦通信委员会计划自 2015 年 1 月实施的 5GHz 信道。

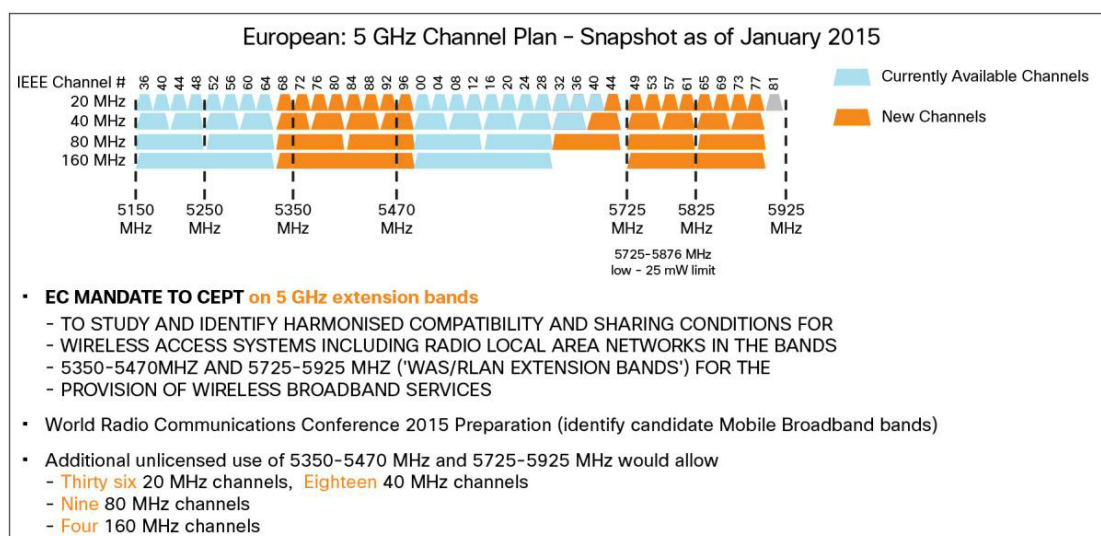
图 8. 美国联邦委员会的 5GHz 信道计划



问题：其他国家的情况呢？

回答：加拿大跟随了美国联邦通信委员会的 5GHz 计划，时间线会与联邦通信委员会的 24 个月时限保持一致。欧洲通信委员会同样忙碌于这个方案，设立了几个工作组分别学习并找出增加无线频谱的方案（图 9）。

图 9. 欧洲 5 GHz 信道方案



回答：思科与其他提供商一道帮助 IEEE 制定 802.11ac 修正案，同时继续与 WiFi 联盟合作定义 802.11ac 互操作性和认证程序。思科会继续研究开发其他的 802.11 无线网标准和技术。支持新 802.11 无线标准（如 802.11ac）的时机和能力取决于新的 IEEE 标准的批准和 WiFi 联盟互操作性测试认证的发布。

问题：思科支持 802.11ac Wave 2 的产品计划是什么样的？

回答：思科已经推出了入门级的 Wave 2 无线接入点产品和配套的无线控制器产品。我们还将继续推出中高端的第二代 802.11ac 产品！