

Wi-Fi浪潮

同大多数新型Wi-Fi技术一样，802.11ac将分阶段进入市场。下面简要介绍了前两个阶段的情况以及先导用户需要注意的事项。

第一阶段

时间：2013年上半年

内容：标称1.3Gbps-80MHz信道，256-QAM，最多3个空间流

原因：第一代802.11ac AP专注于提高Wi-Fi速度，其特性在仅包含一个或几个AP的小型网络中颇具优势。在仅包含几个AP的小型站点如住宅或小型办公室，80MHz信道可提供出色性能。但在多AP部署中，宽信道会造成频谱资源浪费，加剧干扰，降低网络的总体容量。高阶调制模式（256-QAM）会有一定助益，但仅限于距离很短的连接。较之于当前的802.11n产品，其实际效果甚微。

第二阶段

时间：2013年底，2014年初

内容：标称3+ Gbps - MU-MIMO，80/160 MHz信道，256-QAM，3个以上空间流

原因：第二阶段推出的AP将真正拉开与802.11n的差距。对于因来自移动终端的海量业务而不堪重负的企业网络而言，第二代802.11ac AP的优越性显著得多。尽管其超宽信道仍未能在企业网络中体现出应有的价值，但MU-MIMO可将移动业务密集型网络的总体容量提高达两倍。这种网络灵活扩展性和性能提升主要依靠AP升级，而不要求对移动客户端的功能进行重大改变，从而满足对成本、尺寸和功耗的限制。

802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是新一代WI-FI技术，将为市场注入一股令人振奋的力量，激发乐观情绪。

移动终端数量与日俱增、无线化趋势所向披靡以及Wi-Fi用途日益广泛等因素都加重了消费者和企业对新一代突破性技术的期盼。然而，作为新一代技术，802.11ac究竟能否不负众望，取得真正的技术突破？

简介

802.11ac亦被称为超高数据吞吐量（VHT）技术，目前IEEE尚在草拟修订中。该技术意在突破1 Gbps大关，以提高Wi-Fi的频谱效率，并进一步优化802.11n实现的各种先进功能——MIMO无线射频、更高信道带宽以及更快Wi-Fi速度。

802.11n大幅提升了容量和可靠性，让许多非常之重要的新型Wi-Fi应用得到发展。这些应用在过去因为无法预测的无线链路一直被搁置。802.11ac将继续推进这一趋势，促进在网络边缘优先使用无线系统而非固网连接。802.11ac还将掀起新一轮无线局域网（WLAN）增长高潮。然而，在揭开轰轰烈烈的营销大幕之前，有待围绕VHT展开进一步讨论。

理论上讲，突破1Gbps大关是一个振奋人心的成就。乐观主义者（或记者）或许一想到802.11ac将能实现的数据率（最高将近7Gbps）就会垂涎三尺。然而从现实的角度，应将802.11ac增强特性视为今后若干年的技术发展目标。短期内不会有明显成效。同802.11n一样，设备制造商将逐步实现802.11ac的诸多功能，最终全面支持所有特性。即便在802.11n 2.0版发布5年多后的今天，仍然只有一部分802.11n特性得到实现；而在现实世界里，这些特性的利用还要受制于企业网络中的其他商业及技术因素（电池工作时间、外形、应用、成本等）。不过，我们也不必垂头丧气，不妨先来看看802.11ac将为我们开启的光明未来。

802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

一系列专为大幅提高数据率而设计的关键增强特性为802.11ac奠定了坚实的基础:

- 更宽信道带宽: 80 MHz和160 MHz
- 更多空间流: 最多8个
- 更高效的调制模式: 256-QAM

802.11ac实现的其他值得一提的改进:

- 仅适用于5 GHz频段
- 多用户多入多出 (MU-MIMO)
- 简化发射波束成形
- 更大合并数据帧
- 等等

仅适用于5GHz频段

要说仅适用于5GHz频段是一个“增强特性”，乍听之下或许令人费解，但考虑到将Wi-Fi技术的重心从干扰严重的2.4 GHz频段转至5GHz频段所能实现的巨大容量优势，该特性在总体上

带来的益处可想而知。这种从战略上，乃至近乎从方向上，对802.11ac施加的“限制”，将促使客户端设备及消费类无线设备更加普遍地采用5GHz频段，从而造福于整个无线通信行业。过去，Wi-Fi标准的注意力主要集中在2.4GHz频段上；而802.11ac则标志只专注于5GHz频段的新时代的到来。(参见表1)

在没有干扰的环境中，较之于5GHz系统，2.4GHz系统往往能为低比特率应用提供更远的可用传输距离。但显然未来将要求更高容量，只有5GHz系统才能提供这样的高容量。要让采用了更高信道带宽、更多空间流和更高阶调制模式的802.11ac充分发挥其潜力，我们需要提供比2.4GHz频段所能提供的更多的带宽资源和更加畅通无阻的射频环境。(参见表2)

超高数据吞吐量

人们对802.11ac的热议大多聚焦于其叹为观止的最高数据率——6.933Gbps。但是，同802.11n一样，802.11ac包含了一长串让人眼花缭乱的调制编码方案 (MCS)，并且具体产品的实际最高数据率将取决于其采用的射频架构和支持的特性。6.933Gbps依然可望而不可及。在深入剖析802.11ac技术规范时，谨记以802.11n为鉴不失为明智之举。802.11n特性的分阶

表1

| 标准 | 频段 (GHz) | | 信道带宽 | 最高数据率 | 射频架构 | 最大空间流数量 |
|----------|----------|---|------------------|----------|------|---------|
| | 2.4 | 5 | | | | |
| 802.11b | X | | 25 MHz | 11 Mbps | SISO | 1 |
| 802.11g | X | | 20 MHz | 54 Mbps | SISO | 1 |
| 802.11a | | X | 20 MHz | 54 Mbps | SISO | 1 |
| 802.11n | X | X | 20/40 MHz | 600 Mbps | MIMO | 4 |
| 802.11ac | | X | 20/40/80/160 MHz | ~7 Gbps | MIMO | 8 |

注: 目前中国地区5GHz频段仅开放5.8GHz (5.725-5.850) 频段

表2

| 频段 | 频谱范围 (MHz) | 总可用频谱资源 (MHz) | 非重叠信道数量** | |
|---------|--------------|---------------|-----------|--------|
| | | | 20 MHz | 40 MHz |
| 2.4 GHz | 2400 - 2483 | 83.5 | 3 | 1 |
| 5GHz | 5150 - 5875* | 495 | 24 | 11 |

*非连续, **不同国家不尽相同—所示为最大值

802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

段实现是一个漫长而又稳定的过程，理解这一点这有助于我们为真实的802.11ac产品设立合乎实际的期望，而不管技术规范是多么令人惊叹。

更高信道带宽

提高信道带宽是最简易的提高数据吞吐量的方法之一。802.11ac便抓住这一点，采用了比802.11a/b/g/n高得多的带宽。

起初的802.11a/g技术规范采用了静态20MHz带宽；后来，随着802.11n的问世，40MHz信道也得以实现。为了轻松提高数据率，802.11ac同时引入了80MHz信道和160MHz信道——连续的

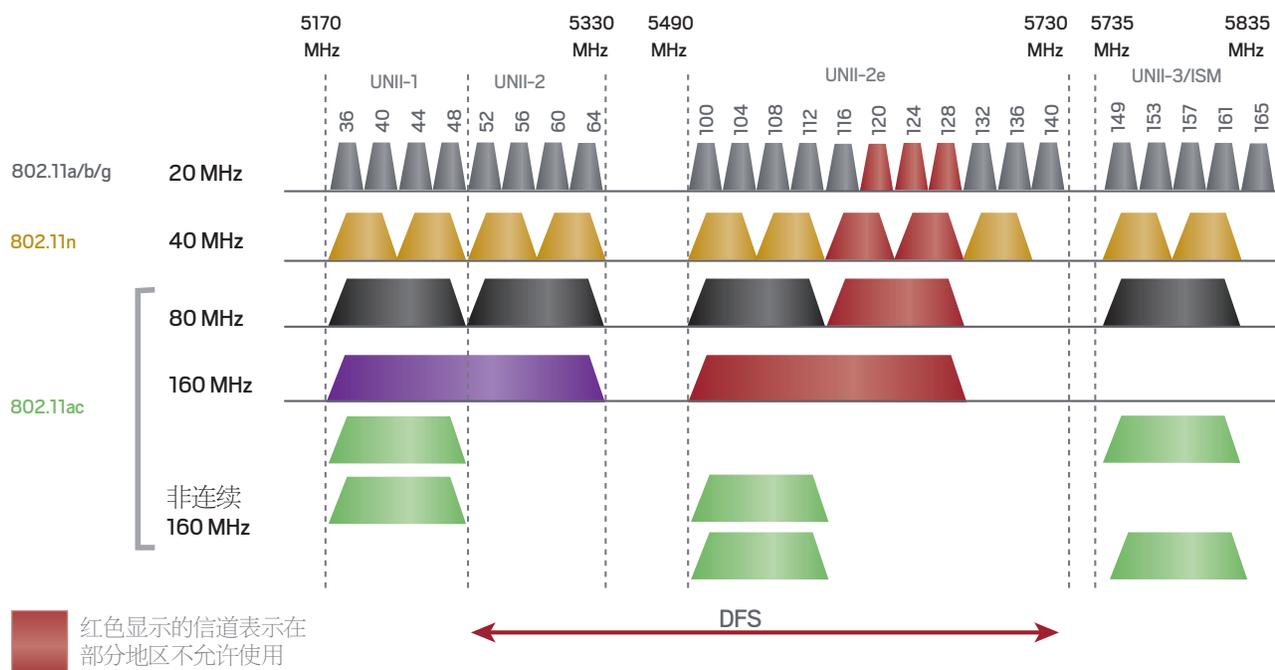
160MHz信道，或非连续的80+80MHz信道——以分别将数据率提高至4.5倍和9倍。IEEE强制要求802.11ac系统支持80 MHz，而160 MHz则为可选项。（参见表3）

更高数据率固然意义重大，但我们不要忘了，Wi-Fi的应用范围很广，从家庭无线路由器，到大型企业、仓库，再到酒店、小型公共热点，再到大型服务提供商网络等，不一而足。显而易见，家庭用户是80 MHz信道和160 MHz信道最大的受惠者，因为在这种应用中，关键的设计目标是覆盖单个Wi-Fi蜂窝。而对于企业，网络设计还必须考虑到信道重复使用、客户端设备功能、应用、国家法规要求等因素。因此，带宽很高的信道则鲜有使用。

表3

| 信道带宽 | MCS | 1SS最高数据率 | 2SS最高数据率 | 带宽提高倍数 | 数据率提高倍数 |
|---------|------------------------|----------|----------|--------|---------|
| 20 MHz | 64-QAM, 5/6, 800 ns GI | 65 | 130 | - | - |
| 40 MHz | 64-QAM, 5/6, 800 ns GI | 135 | 270 | 2x | 2.07x |
| 80 MHz | 64-QAM, 5/6, 800 ns GI | 292.5 | 585 | 4x | 4.5x |
| 160 MHz | 64-QAM, 5/6, 800 ns GI | 585 | 1170 | 8x | 9x |

图1: 5GHz信道概况



802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

5GHz频段提供了丰富的频谱资源，因而在大多数情况下，40MHz信道都是可行之选，但有时候20MHz信道设计仍然更为合理。特别是在依赖于非常小的“微蜂窝”的高密度场所，较之于数量较少且重复使用率很低的高带宽信道，大量非重叠信道可实现更高合并数据吞吐量。但是，不论在任何环境中，最佳信道方案都严重取决于连接至网络的客户端设备及其支持的应用。

如图1所示，采用了5GHz无线射频的移动终端WiFi语音手机和平板电脑等历来仅限于使用20MHz信道。如今的新型终端可支持40MHz信道。因此，如果网络主要由仅可支持20 MHz信道或40MHz信道的用户终端构成，那么，高带宽信道将英雄无用武之地，并导致不必要的频谱资源浪费。

地方无线电监管法规也规定了当地的可用信道数量。在最理想的情况下，将有24个20MHz信道、11个40MHz信道和5个80MHz信道可用。然而，如果不可支持动态频率选择（DFS）信道，那么，上述信道数量将分别减至9个20MHz信道、4个40 MHz信道和2个80 MHz信道。如果任务关键型5GHz客户端设备不可支持DFS，也就是说，就算网络提供了DFS信道，这些信道也得不到使用，那么，事实上对于非DFS客户端设备而言，这会造成覆盖缺口。因此，如果刨去DFS信道不算，就只剩两个

80MHz信道可用，频谱重复使用的余地所剩无多。汇聚网络能力也将因此而降低。（参见表4）

反之，随着越来越多的客户端设备采用了802.11ac技术，当网络主要由支持80MHz信道的移动台构成，并且能以较高的信道重复使用率来使用DFS信道时，80MHz信道将能为每一台设备提供更高数据吞吐量，同时实现更高的汇聚吞吐量。关键是“如果”或“当”大多数客户端设备都能支持这样的高带宽信道。

采用电池供电对功耗敏感的设备从高带宽信道得不到任何最远传输距离方面的益处。在高带宽信道上，发射机的输出功率必须分散到两倍（20 > 40 MHz）或四倍（20 > 80 MHz）带宽的信道上。事实上，这会令功率密度减半（-3dB）或降至四分之一（-6dB）。然而，高带宽信道不只是将数据率提高至两倍或四倍（分别为40MHz和80MHz）。如果客户端距离AP足够近，那么，在40MHz或更高带宽的信道上，其总体容量将有所提高；但在覆盖小区的边缘，为了保持传输距离和功率密度，其将切换回20MHz信道，以低MCS速率运行，因此，在总体上传输距离得不到改善，但其短距离传输中的性能将有所提升。

并非所有网络都能实现80MHz信道或160MHz信道的益处。能够利用80MHz信道的企业网络寥寥无几，而能利用160 MHz信道的网络则更是少之又少。令人欣慰的是，高带宽信道为

表4

| 频段 | 非重叠信道数量** | | | |
|--------------|-----------|--------|--------|---------|
| | 20 MHz | 40 MHz | 80 MHz | 160 MHz |
| 5GHz—实现了 DFS | 24 | 11 | 5 | 2 |
| 5GHz—不支持DFS | 9 | 4 | 2 | 0* |

*连续。可能可以提供1个非连续信道

表5

| 空间流数量 | 最高数据率: 20 MHz | 最高数据率: 40 MHz | 最高数据率: 80 MHz |
|-------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 78 | 180 | 390 |
| 2 | 156 | 360 | 780 |
| 4 | 312 | 720 | 1560 |
| 8 | 624 | 1440 | 3120 |

所列数据率均采用800ns GI

802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

设计师提供了又一个用于提高数据吞吐量的工具，并且有可能实现以往被束缚于固网连接的应用。对高带宽信道的溢美之词或许言过其实，但设计灵活性——在正确理解信道限制的情况下——永远是优点。

更多空间流

空间多路复用是一个MIMO特性，可在同一个信道上传输多个并行的数据流，从而将数据吞吐量提高至n倍（n即空间流数量）。在802.11n发布之前，Wi-Fi设备采用的是单入单出（SISO）技术，每次仅限传输一个数据流。802.11n将可同时传输的空间流数量增加到了4个，802.11ac则进一步增至8个空间流。类似于提高带宽信道，增加空间流数量也是提高最高数据率的方便法门，其在理论上可以取得可观成效，但实际可行性有待商榷。（参见表5）

采用空间多路复用技术的客户端必须具备与空间流同样数量的天线，受制于此，对高性能工作站而言，空间多路复用的益处不大。便携式单流设备如平板电脑和移动电话更是得不到任何好处。

尽管802.11n最多可提供4个空间流，但如今的高端企业AP仍仅可支持最多3个空间流。即便如此，要全部利用这3个空间流，还要求很高质量的客户端连接、出色的射频条件和短传输距离。

要让空间多路复用技术起作用，接收端必须清楚地“听到”每一个空间流。必须解除空间流之间的关联，或者对空间流进行某种类型的区分，以便接收端可以辨认这些空间流。实现这一目的的方法之一是极化分集——一个水平极化的发射天线和一个垂直极化的发射天线。借助环境反射技术和/或智能天线定向技术，可以相对比较容易并且可靠地实现两个空间流。

如需更多空间流，则要求采用新技术来可靠地解除并行空间流之间的关联，但这样的技术尚在芯片制造商和研究者的开发之中。最终的结果是，4个以上的空间流是未来的目标，而非当前的现实。

设计中遇到的其他障碍也有一定的影响，如天线间距导致了AB尺寸和美观问题。同样的，每增加一个空间流，就需要再添一个无线射频链，这会增加耗电量（如PoE要求）或缩短电池工作时间（如对于客户端设备）以及增加成本。

256-QAM

为了达成其提高数据率的使命，802.11ac也采用了更高效的调制模式。同802.11a/g/n一样，802.11ac将继续倚重OFDM，但VHT设备可以选择更高阶的256-QAM（正交调幅）模式。相比于64-QAM和相当的编码率，256-QAM可将效率提高至1.33倍（33%）。（参见表6）

当然，高阶调制技术在提高效率的同时也要求更好的信号质量。低阶调制模式如BPSK（二进制移相键控）非常简单，并且可在很远的传输距离上提供可靠的性能。随着调制模式变得越来越复杂，信号质量（和无线射频的功能）也必须水涨船高，因此通常必须缩短传输距离。

只要看一眼星座图，调制模式复杂度的加剧便一目了然——图上的每一个点都代表一种特定的位模式，16-QAM为4个位，64-QAM为6个位。星座图密度与信号质量要求成正比：密度越大=SNR要求越高。802.11a/g/n目前使用的是16-QAM和64-QAM。

如图2所示，由于采用了256-QAM调制模式，802.11ac将调制复杂度提高了一个数量级，即星座图上的每个点包含8个位。

表6

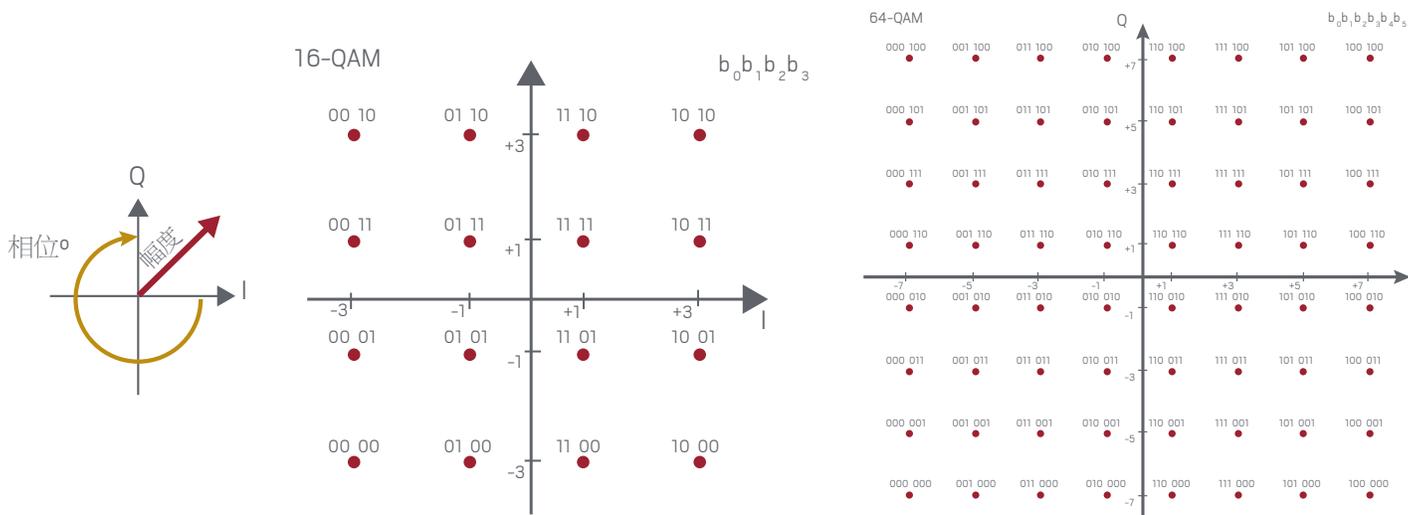
| MCS | 每个副载波承载的位数 | 最高数据率* (20 MHz, 1个空间流) | 最高数据率* (40 MHz, 1个空间流) |
|--------------|------------|------------------------|------------------------|
| 64-QAM, 3/4 | 6 | 58.5 | 121.5 |
| 64-QAM, 5/6 | 6 | 65 | 135 |
| 256-QAM, 3/4 | 8 | 78 | 162 |
| 256-QAM, 5/6 | 8 | - | 180 |

*800ns GI

802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

图2: 16-QAM和64-QAM星座图



在图3中, 在评价256-QAM的用处时, 我们必须牢记, 这不是一个只需要简单地启用或禁用的特性。这种复杂而又高效的调制技术要求适当的环境条件和高质量无线接收器。就当前市场上的产品而言, 256-QAM只能在很短的传输距离(10-20米)上起作用。因此, 再次重申, 802.11ac所能实现的数据率提高取决于适当的应用场合。

此外, 256-QAM是802.11ac的可选特性, 第一代设备有望支持该特性。

更大帧

从目前来看, 802.11ac技术提高了物理数据率, 改善了频谱效率。然而, 当我们有能力在更短的时间内传输更多数据时, 实际的数据吞吐量总是受限于协议开销。协议开销的来源包括: 随机退避、帧间间隔、确认符、错误和重发以及帧报头。如果不采用增强特性如帧合并, 协议开销总是会令实际的数据吞吐量降至理论速率的一定比例, 通常是接近50%。(参见表7)

如果将无线信道比作高速公路, 帧合并就如同拼车。当每个帧(每辆车)只承载一个数据包(一个人)时, 我们需要更多车辆, 因而增加开销。然而, 如果同一个数据单元可以包含多个数据包或帧, 那么, 总开销将降低, 传输效率将提高。

图3: 256-QAM星座图



802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

随着无线传输效率的提高，我们可以承担更大的有效负载，而不会增加被干扰破坏的帧数量（不论是否Wi-Fi系统）——这种情况在本质上是零星的突发事件（参见图4）。拜其物理层增强特性所赐，802.11n将数据率提高至足以支持合理使用帧合并，而不会产生严重干扰，也不必受到错误重发的惩罚。802.11ac将继承这一趋势，再度大幅提高物理数据率，从而允许提高最大帧容量。

表8所示为两种合并类型：

- 合并MSDU (A-MSDU) ——在第二层帧 (MPDU) 中包含更多第三层数据包 (MSDU)
- 合并MPDU (A-MPDU) ——在第一层数据单元 (PSDU) 中包含更多第二层子帧 (MPU)

真实的802.11ac产品将采用与连接速度和质量以及应用带宽要求等相称的帧合并。随着数据率的提高或干扰的减轻，帧容量将相应地提高，从而提高总的的数据吞吐量。要实现高数据吞吐量，支持帧合并是一个至关重要的要求，因此所有802.11ac帧都必须实现A-MPDU。

多用户MIMO (MU-MIMO)

在前几代Wi-Fi协议中，无线射频每次只能向一个接收器发送一个单播帧。但为了提高效率，802.11ac寻求利用多无线射频链的功能（即MIMO）来同时向不同的接收站发送多个帧。过去，我们已经实现了单用户MIMO。802.11ac则更进一步，推出了多用户MIMO (MU-MIMO)。

迄今为止，Wi-Fi增强特性全都着力于优化单用户传输，正因如此，现在我们拥有了可支持3X3:3 MIMO的尖端AP。但是，尽管高端AP和客户端的潜力巨大，当前的许多客户端，尤其是移动终端，仍在采用SISO无线射频设计，只能发送一个空间流。这些SISO客户端构成了无线系统瓶颈，相比于高端MIMO设备，其传输每个数据位所需的时间更长。

解决办法是利用AP的MIMO无线射频链来同时将多个下行帧发送至多个移动台——每次最多4个。

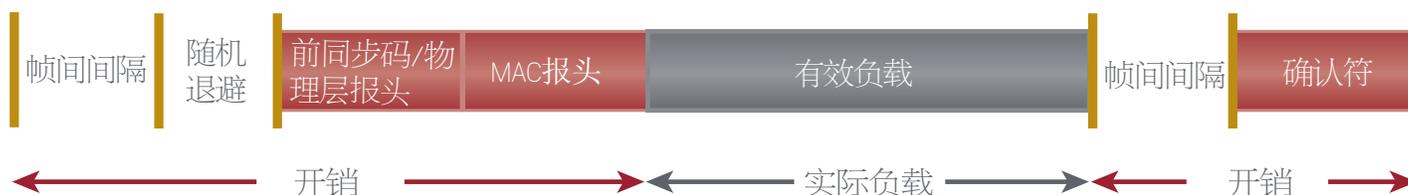
图5所示为借助多用户MIMO特性，同时发送多个下行数据流的情况。为了有效使用MU-MIMO特性，AP必须能够操控单独的数据流，以确保各个数据流不会干扰与之同时发送的其他数据流。IEEE标准规定，可利用试图在接收端形成信号峰值（如

表7

| 协议 | 最高数据率 | 数据吞吐量 |
|---------------|-----------|-------------|
| 802.11b | 11 Mbps | 5-6 Mbps |
| 802.11a/g | 54 Mbps | 20-25 Mbps |
| 802.11n支持帧合并 | 450 Mbps | ~300+ Mbps |
| 802.11ac支持帧合并 | 1.3 Gbps* | 最高达800 Mbps |

*1.3 Gbps是第一代802.11ac AP的最高数据率

图4: 802.11协议效率概况



802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

表8

| 协议 | 帧合并 | 最高MPDU容量 | 最高PSDU容量 |
|-------------|-----|----------|-------------|
| 802.11a/b/g | 否 | 2,304*字节 | ~2,336**字节 |
| 802.11n | 是 | 7,935字节 | 65,535字节 |
| 802.11ac | 是 | 11,454字节 | 1,048,575字节 |

*受第三层IP分组容量调整的影响，通常为1500字节

**最高MPDU加上典型MAC报头

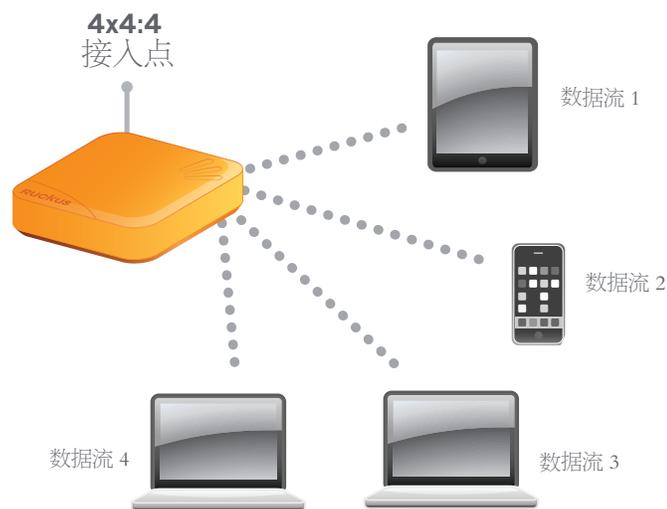
信号1至客户端1，信号2至客户端2）和信号零值（如信号1至客户端2，信号2至客户端1）的基带信号处理技术，来实现这种类型的操控。为此，AP利用了其用于优化传输波束成形（基于芯片）的信道信息来进行这种操控。不幸的是，由于MU-MIMO需要客户端设备提供信道反馈，因此，如果要使用该特性，客户端也必须支持MU-MIMO。

在使用MU-MIMO特性时，操控得到的信号峰值和零值的质量取决于信道环境条件，而静态全向天线在优化和隔离发送至客户端设备的信号方面却不够灵活。对于MU-MIMO，采用

了动态定向传输模式的智能天线则独具优势。具备更多可供选择的的天线模式，自适应天线（即BeamFlex）为标准化MU-MIMO带来了改善信号优化（信号峰值）和隔离（信号零值）等额外的优点。

图6所示为采用自适应定向天线的MU-MIMO。就算实现了定向传输，客户端之间的信号隔离也绝非完完全全，只不过其最终结果是提高了SNR（传输的信号更多，干扰更少），从而能够以更高的数据率同时传输多个用户流。在实现了MU-MIMO的网络环境中，自适应定向天线在提高容量方面的优势显著。然而，第一代VHT芯片组不大可能支持MU-MIMO。

图5：借助多用户MIMO特性同时发送多个下行数据流



传输波束成形

利用一些MU-MIMO所使用的信道反馈和操控模式，802.11ac也进一步优化了传输波束成形。尽管802.11n早在多年前就已将基于芯片的传输波束成形定为标准，但其市场接受率一直很低。只有屈指可数的几家基础设施供应商支持该技术，并且基本上没有任何客户端采用了这项技术，因此，实现基础设施支持并无实际意义。市场接受率如此之低，在很大程度上是由于最初的802.11n修订版中提供了大量协议组合，因此有太多的声探方式、反馈方法和反馈格式可供选择。（参见表9）

802.11ac力求籍单波束成形实现来弥补这一点：采用压缩波束成形矩阵的空数据包（NDP）探测和即时显式反馈。其最终结果是客户端和AP都能专注于一个可兼容的通用实现。

802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

表9

| | 声探 | | 反馈方法和格式 | | | | | | | |
|------|-----|--------|---------|---|----|-----|-----|----|-----|---|
| | NDP | 交错前同步码 | 隐式 | | 显式 | | | | | |
| | | | 校准 | - | 即时 | | | 延迟 | | |
| | | | | | 压缩 | 非压缩 | CSI | 压缩 | 非压缩 | |
| 11n | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 11ac | x | - | - | - | x | - | - | | | |

使用802.11ac时的其他考虑事项

电池工作时间

相比于前几代Wi-Fi, 802.11ac在运行中有更多的特性要消耗电力, 其处理要求也更多。譬如, 归因于其无线射频链, 5x5 802.11ac AP的运行功耗将高于3x3 802.11n AP。为此, 802.11ac可能要求供应更多电量。然而, 归功于其实现的更高数据率, 802.11ac设备也能在完成访问介质、传输数据之后, 比前几代技术更快地恢复省电模式。

随着每一款新产品的问世, Wi-Fi芯片设计本身的效率都会因制造工艺和技术的进步而提高, 这也有助于降低功耗。一些率先生产802.11ac芯片组的制造商预计, 其最新推出的芯片将在性能和能效方面优于过去的802.11n芯片。

安全性

最初几代802.11ac产品不会要求对802.11安全协议作出根本性改变。然而, 当数据吞吐量增至突破千兆比特大关时, (WPA2和AES当前使用的) CCMP设计的低效率将开始凸显。为了解决这个问题, 可以用Galois/反模式 (GCM) 来取代CCMP, 在未来的VHT网络中用作Wi-Fi的AES加密模式。请注意, 这将要求硬件升级以实现兼容, 不过这个要求尚遥遥无期。

后向兼容

IEEE的一个根本要务是保持后向兼容前几代802.11协议。作为仅适用于5GHz频段的技术, 802.11ac可同时支持802.11a和11n帧格式和保护机制, 并可完全后向兼容二者。

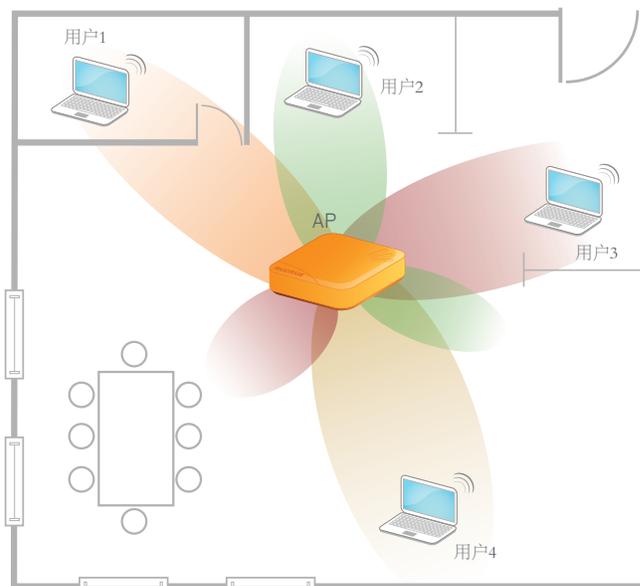
高带宽信道也可兼容20MHz或40MHz 802.11a和11n设备。802.11ac采用了增强版保护机制 (RTS/CTS) 来动态决定是

否全部或仅部分 (如主用20MHz、40MHz或80 MHz) 高带宽信道可用于传输。

时间表

作为IEEE修订协议, 802.11ac目前为第三版草案; 最终版的推出时间预计要到2013年底。回顾802.11n的发展历程, 我们从中得出的经验是, 产品制造商不会等到技术规范最终敲定再行动。Wi-Fi联盟曾实行802.11n第二版认证, 它们可能也会如法炮制, 实行802.11ac第三版认证。2007年, 若干家企业向市场推出了802.11n第二版产品。相比于以往的产品, 802.11n产品在无线技术上做出了重大改变, 而802.11ac则更多地是某种延伸, 因此对于大多数制造商而言, 802.11ac是更容易实现的产品更新。

图6: 采用自适应定向天线的MU-MIMO



802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代Wi-Fi技术

可支持802.11ac技术的消费类Wi-Fi路由器现已开始出货，并且目前市场上已经有少量产品（2012年10月）。第一批客户端产品也正在出货，不过广泛接受要等到2013年下半年以后。企业级AP将在2013年陆续面市，一些产品最早将于第一季度末发布。然而，在客户端产业链发展成熟，设计实践日臻完善，802.11ac的许多杰出特性得以实现之前，2013年初进行的升级不会取得太大成效。

预计，最终版将沿袭本文中详细描述的技术，不过第三版与最终版在细节上或许有所变化。（参见图7）

（重新）设定期望值——结语

在为802.11ac设立期望时，以802.11n为鉴不无裨益。譬如，尽管802.11n最多可提供4个空间流，但如今的802.11n产品实际实现的最高数据率仅为450 Mbps（3个空间流），而非600Mbps（4个空间流）。即便如此，要在现实的应用场合中实现450 Mbps亦非易事，因为这要求近乎完美的射频条件和短传输距离。大多数企业无线局域网供应商的2x2:2 802.11n AP的销量都一直比3空间流AP高得多，这在很大程度上是因为高端802.11n设备为企业创造的实际益处，往往不值其不菲的价格。

802.11ac是一个前景光明的协议，在理论上可以实现巨大的性能提升，但是，这些能够提高容量和实现如此高的数据率的特性很难得到应用，这一方面是由于设计水平的局限性，另一方面也是因为客户端设备的局限性、射频环境以及商业因素等的影响。采用MIMO的802.11n是Wi-Fi技术取得的长足进步，802.11ac将再接再厉推进无线化进程。

或许，将802.11ac视为802.11n的阶段性延续是更恰如其分的看法。802.11ac树立了崇高的目的，提出了振奋人心的目标。千兆比特无线网络令人无限憧憬，不过，这也许有点太心急。但别的不说，业界的强烈反响表明，Wi-Fi已经成为家庭和企业的计算应用和网络连接的牢固基石。值得庆幸的是，显然802.11ac为业已如日中天的Wi-Fi注入了更加强劲的活力！

图7: 802.11ac的时间表



802.11ac: 超高数据吞吐量

802.11AC是即将面市的新一代WI-FI技术

缩略语

| | |
|------------|---|
| A-MPDU | 汇聚MAC协议数据单元 |
| A-MSDU | 汇聚MAC服务数据单元 |
| CCMP | 采用密码块链消息鉴权码 (CBC-MAC) 协议的反模式 |
| DFS | 动态频率选择 |
| GCMP | 采用Galois消息鉴权码协议的Galois/反模式 (采用GMAC协议的GCM) |
| GI | 保护间隔 |
| HT | 高数据吞吐量 (802.11n) |
| DL MU-MIMO | 下行链路多用户多入多出 |
| MCS | 调制编码方案 |
| MIMO | 多入多出 |
| MU | 多用户 |
| MU-MIMO | 多用户多入多出 |
| NDP | 零值数据包 |
| PLCP | 物理层融合协议 |
| PSDU | 服务数据单元 |
| QAM | 正交调幅 |
| SISO | 单入单出 |
| SNR | 信噪比 |
| SS | 空间流 |
| SU | 单用户 |
| SU-MIMO | 单用户多入多出 |
| TxBF | 传输波束成形 |
| VHT | 超高数据吞吐量 (802.11ac) |
| WFA | Wi-Fi联盟 |
| RTS/CTS | 请求-发送/允许-发送 |



www.ruckuswireless.com

© Ruckus Wireless, Inc. 版权所有, 2012年。保留一切权利。Ruckus Wireless和Ruckus Wireless设计已在美国商标和专利局进行注册。Ruckus Wireless、Ruckus Wireless徽标、BeamFlex、ZoneFlex、MediaFlex、MetroFlex、FlexMaster、ZoneDirector、SpeedFlex、SmartCast和Dynamic PSK均为Ruckus Wireless, Inc.在美国及其他国家的商标。本文中或本公司网站上提及的所有其他商标均为其各自所有者的财产。803-71287-001 版本01

Ruckus Wireless 美国优科无线
地址: 深圳南山区科发路8号金融服务科技创新基地2栋5楼C、D单元, 518057
电话: (0755) 86627188/邮箱: ChinaSales@RuckusWireless.com