



802.11AX技术分析及WIFI6产品简介

培训目的

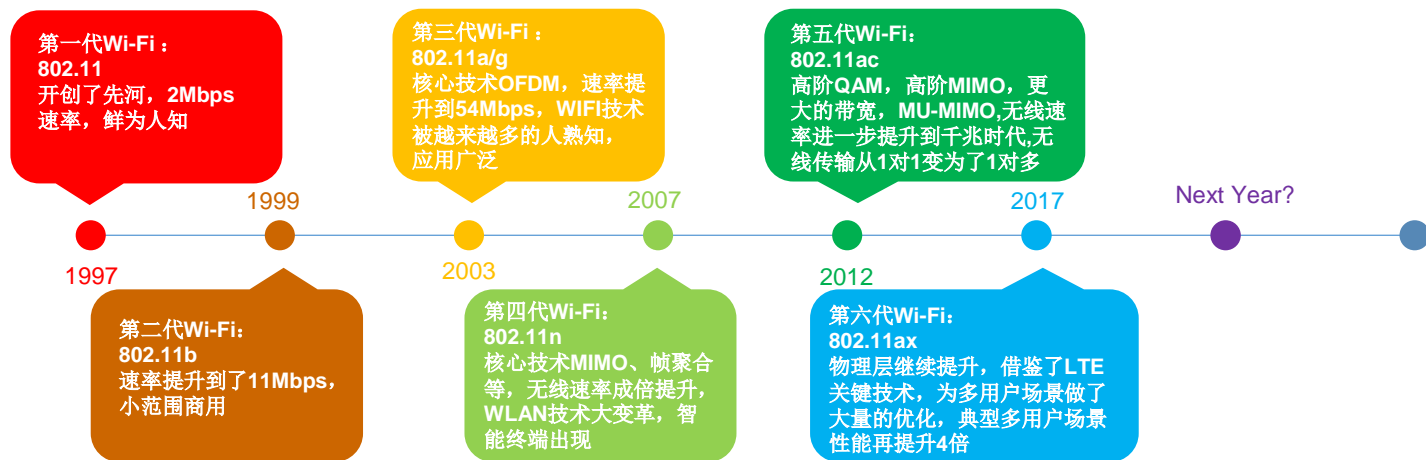
- 介绍802.11协议的演进
- 介绍802.11AX协议的关键技术
- 介绍802.11AX协议对物理层和MAC层的改进



起源

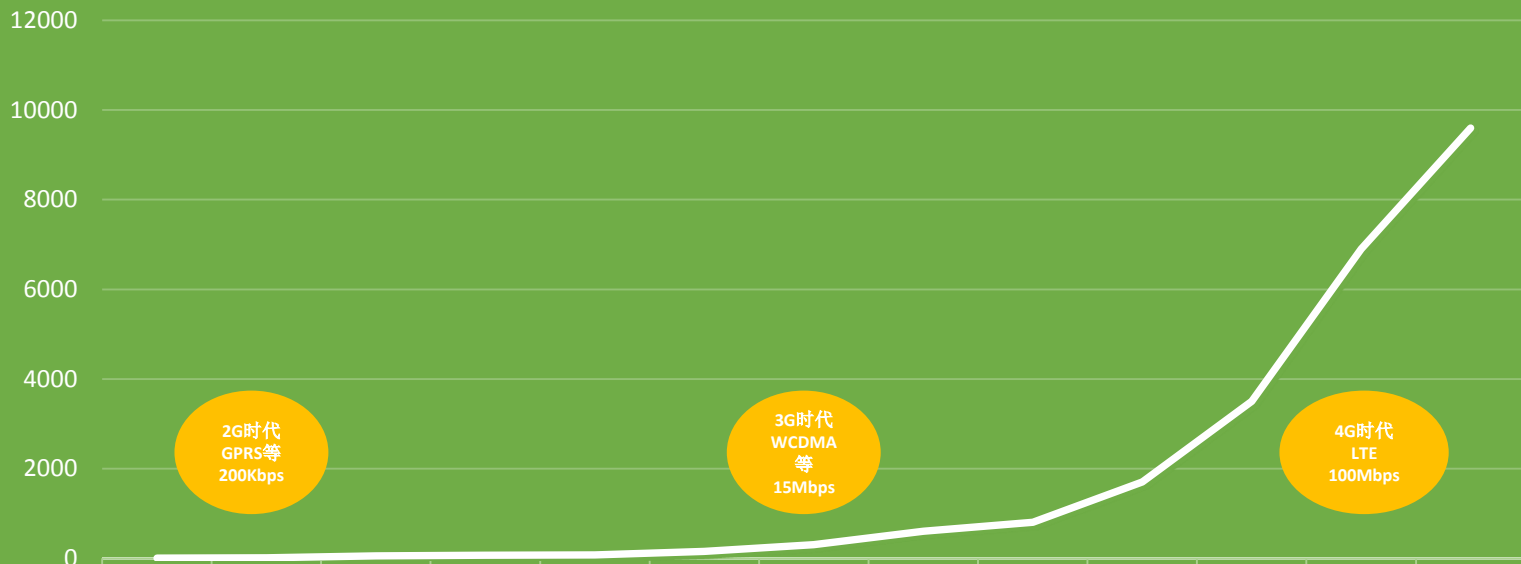


Wi-Fi协议编年史



Wi-Fi何以存在？

WI-FI最大协商速率



— Wi-Fi速率单位Mbps

802.11	802.11b	802.11ag	802.11n	802.11n short GI	802.11n 40M 1SS	802.11n 40M 2SS	802.11n 40M 4SS	802.11ac 80M 2SS	802.11ac 80M 4SS	802.11ac 160M 4SS	802.11ac 160M 8SS	802.11ax 160M 8SS
2	11	54	65	72	150	300	600	800	1700	3500	6900	9600

既然5G将大热，那么Wi-Fi6呢？



试试11ax?



带着问题，开始今天的课程

- 为什么802.11ax会成为下一代WIFI技术？
- 802.11ax与802.11ac的关系是什么样的？
- 802.11ax的核心技术有哪些？
- 802.11ax最大物理速率又到了一个什么样的量级呢？
- 802.11ax的优势能在哪些场景下凸显出来？
- 802.11ax相比于802.11ac，稳定性如何？



目录

01

802.11AX 简介

02

802.11AX 物理层改进

03

802.11AX MAC层改进

04

802.11AX 产品简介

05

总结



802.11AX 简介

802.11AX

- ❑ 802.11ax又称为“高效率无线标准”(High-Efficiency Wireless, HEW)，旨在实现一项极具挑战性的目标：

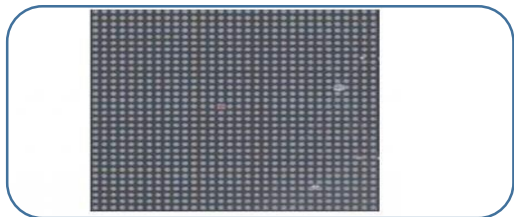
将用户密集环境中的每位用户平均传输率提升至4倍以上。

- ❑ 802.11ax可以认为是802.11ac的继续演进。其实早在2013年IEEE就开始了802.11ax的研究，并且在2014年正式成立了ax工作组（Task Group 11ax），并期望能够在2019年发布正式的协议标准。
- ❑ 802.11ax工作组的主席来自于华为

802.11AX技术特点（一）



兼容802.11a/b/g/n/ac

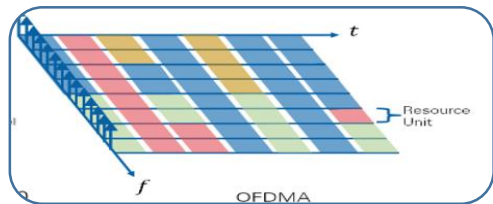


惊人的1024QAM(MCS11)

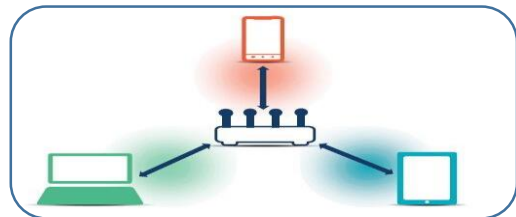


更完善的MU-MIMO DL/UL

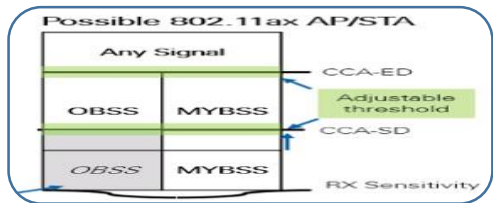
802.11AX技术特点（二）



突破性OFDMA DL/UL



BSS Color



动态CCA门限

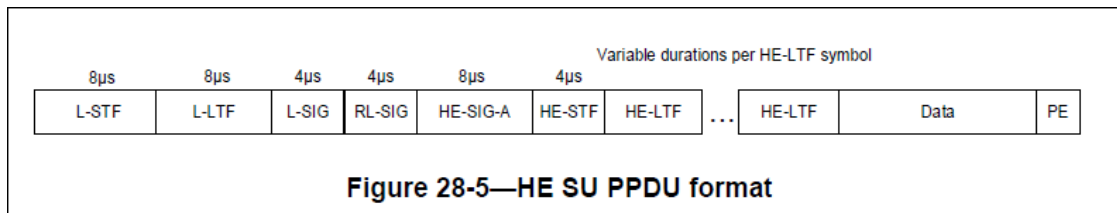
SR空间复用



802.11AX 物理层改进

兼容性

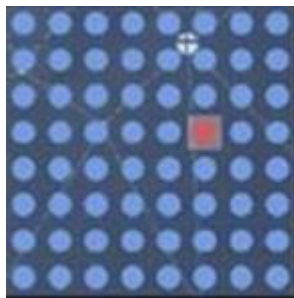
- ◆ 802.11ax标准虽然在物理层引入了多项新的技术，但是它依旧可向下兼容802.11a/b/g/n/ac的设备。
- ◆ 802.11ax STA能与传统协议的AP进行数据传送和接收，传统协议的客户端也能解调802.11ax报文的前导码(虽然不是整个802.11ax报文)，并于802.11ax STA传输期间进行退避。



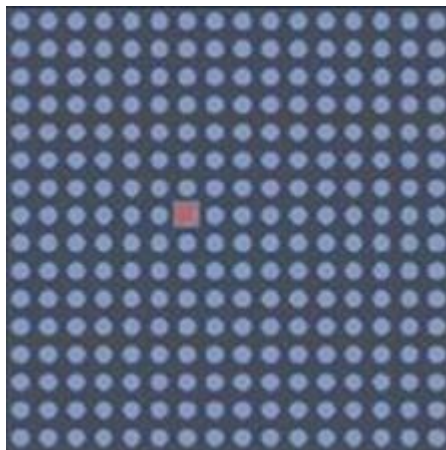
- ◆ L-STF、L-LTF、L-SIG主要是用来兼容旧的协议，目的是为了能让非HE STA在11ax的环境中能够正常同步时钟频率，收发报文

调制编码方式

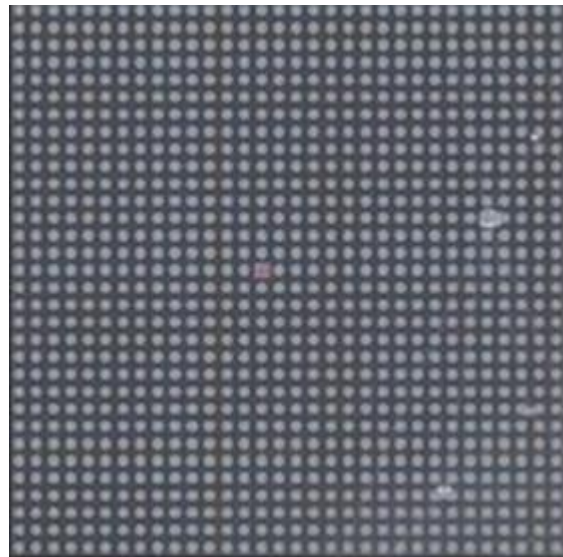
◆802.11ax引入了更高阶的调制方式，从802.11ac的256-QAM提升到了1024-QAM，物理层协商速率提升25%。



802.11n 64-QAM
每个OFDM symbol可以携带6bit数据



802.11ac 256-QAM
每个OFDM symbol可以携带8bit数据



802.11ac 1024-QAM
每个OFDM symbol可以携带10bit数据

调制编码方式

- ◆QAM编码是用星座点阵图来做数据的调制解调。
- ◆高阶调制里，星座点更多，所需的传输能量更大，间隔更小，对调制解调的EVM要求更高，对接收灵敏度和射频器件的要求也更严苛。
- ◆类比一张A4纸，字大即使距离远，也可以看清楚。字小距离远，就会模糊。



调制编码方式

- ◆1024QAM在近距离可以提供更高的物理层速率，但是随着距离的增加，有效信号强度逐渐降低，有效信号和噪声的比不断下降，射频器件就无法解调出高阶调制的信号了。
- ◆远距离时，选择减少信息量(选择低阶调制方式，降低速度)，才能正常传输数据

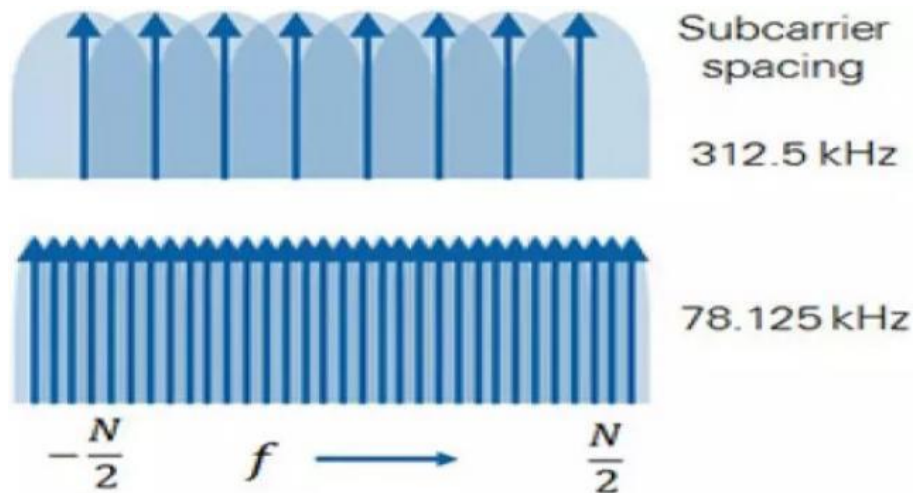
MCS

- ◆ 802.11ax引入了1024-QAM调制方式后，MCS也从802.11ac中的9提升到了11
- ◆ 和802.11ac类似，802.11ax中也只支持“等阶调制方式”

MCS	Modulation	Cording Rate
0	BPSK	1/2
1	QPSK	1/2
2	QPSK	3/4
3	16-QAM	1/2
4	16-QAM	3/4
5	64-QAM	2/3
6	64-QAM	3/4
7	64-QAM	5/6
8	256-QAM	3/4
9	256-QAM	5/6
10	1024-QAM	3/4
11	1024-QAM	5/6

子载波数量与间隔

- ◆ 802.11ax物理层最主要的一个变革就是子载波的数量扩充了4倍
- ◆ 由于802.11ax要兼容之前的协议，要在2.4G频段使用，因此802.11ax也涵盖了一项重大变更：将子载波间距缩减到先前802.11标准的四分之一，以保留现有的通道带宽



子载波数量与间隔

- ◆子载波间隔从312.5kHz，变成78.125kHz。
- ◆更小的子载波间隔有利于进行信道估计与均衡，抗衰落能力也更强，但也增加了实现的复杂度，同时对载波频偏也更加敏感
- ◆数据子载波占比提升
 - 以80MHz频宽为例：
 - 802.11ac有效数据子载波数量234个，占有256个子载波数量的91.4%
 - 802.11ax有效数据子载波数量980个，占有1024个子载波数量的95.7%
 - 数据子载波占比从91.4%提升到95.7%，效率提升4.7%

帧保护间隔

- ◆ 由于子载波数量的增加，从时域上看，一个OFDM符号的持续时间也增加了，从802.11ac的3.2us增加到12.8us，正好也是提升了4倍。
- ◆ 随着符号持续时间的增加，802.11ax也提出了三种循环前缀（Cyclic Prefix, CP）时长，即我们常提到的保护间隔（Guard Interval, GI）
 - ◆ 0.8us：由于一个OFDM符号的持续时间增加到了12.8us，增加0.8us的GI只增加了6.25%的时间开销。而11ac一个OFDM符号时间为3.2us，Short GI为0.4us，增加了12.5%的时间开销。因此通过对比可得，0.8us的GI拥有更高的时间效率，相当于提升了吞吐量
 - ◆ 1.6us：增加了12.5%的时间开销，目的是实现室外信道条件与室内上行MU-MIMO和OFDMA的高效传输
 - ◆ 3.2us：增加了25%的时间开销，目的是保证上行MU-MIMO与OFDMA在室外信道条件下的鲁棒性

多用户传输技术

- ◆802.11ax标准沿用了802.11ac中定义的两​​种传输序列模式，分别是Single-User（SU）与Multi-User（MU）。
 - ◆在SU序列模式中，只要无线STA一取得媒体存取权，就会每次进行一个数据传送和接收作业。
 - ◆在MU模式下，可同步进行多个非AP STA作业。
- ◆针对MU模式，进一步划分成了UP Link和Down Link
 - ◆DL MU：是指由AP同时提供给多个相关无线STA的数据。现有的802.11ac已具备这项功能
 - ◆UL MU：涉及同时从多个STA传输数据至AP。这是802.11ax标准的新功能，且不存在于任何旧版Wi-Fi标准中

多用户传输技术

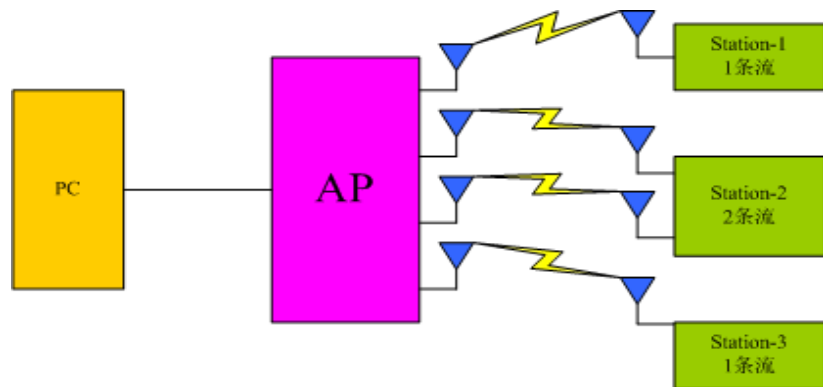
- ◆在多用户传输模式中，802.11ax标准指定两种方式来为特定区域内更多用户进行多任务传输：
 - ◆多用户MIMO(MU-MIMO: Multi-User Multi-Input Multi-Output)
 - ◆正交频分多址(OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access)。
- ◆802.11ax AP可将MU-MIMO和OFDMA技术结合在一起，进一步提升多用户传输效率

MU-MIMO

- ◆ MU-MIMO技术能够实现多个用户同时进行数据传输，是802.11ac Wave2的核心技术之一。
- ◆ 802.11ax除了沿用802.11ac下行MU-MIMO技术之外，还新增了上行MU-MIMO；
- ◆ 802.11ax最多同时传输8个用户的数据，即**支持8个用户的MU**；802.11ac只支持4个用户的MU。

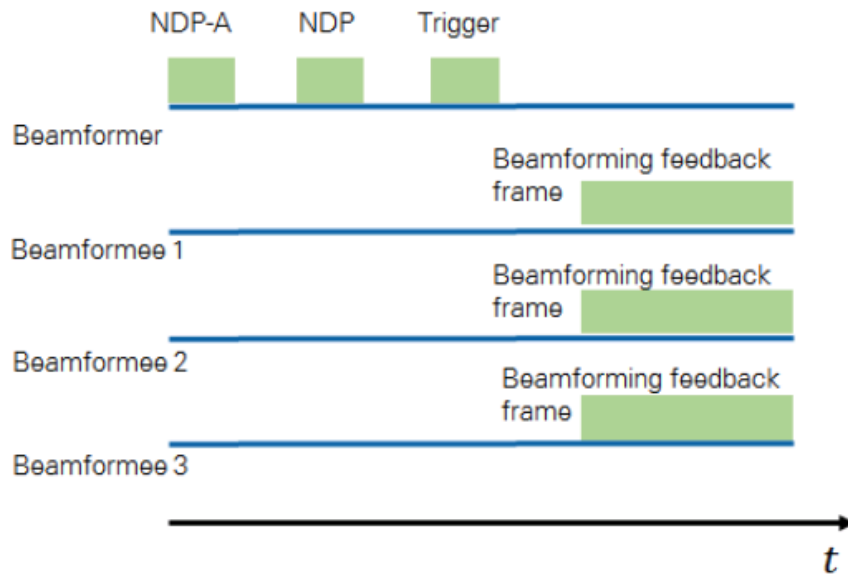
DL MU-MIMO

- ◆DL MU-MIMO的基本原理，802.11ax与802.11ac的实现基本一样：
- ◆AP使用波束成形（Beamforming）技术，向Station发送Null Data报文，发起信道评估
- ◆Station收到后把它接收到的信道状态信息封装报文反馈给AP
- ◆AP从而获取到AP到Station的信道状况，为每位用户计算信道矩阵
- ◆AP将同步波束导向不同用户，而每道波束都会包含适用于所属目标STA的报文



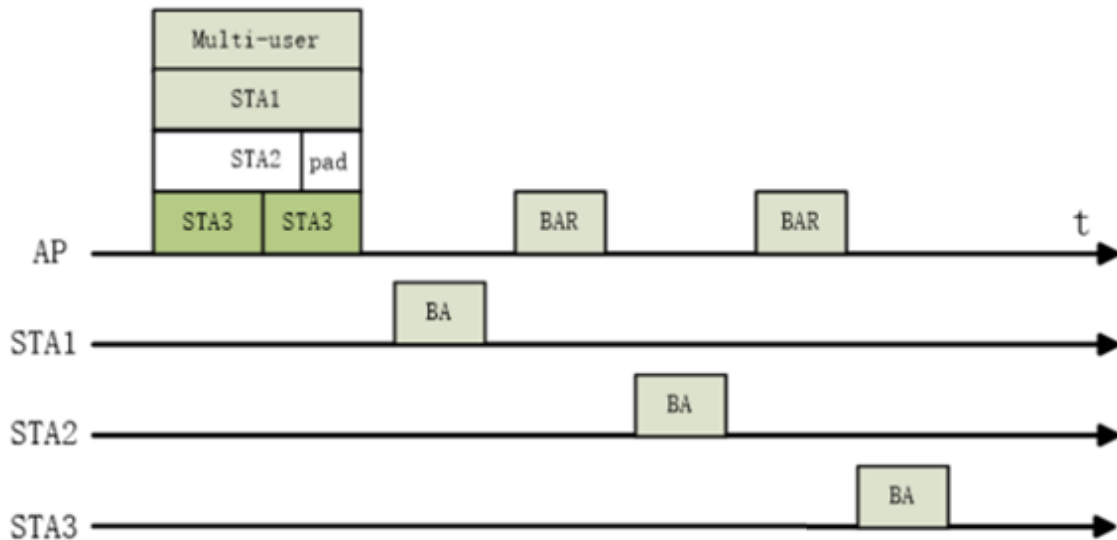
DL MU-MIMO

◆AP端（Beamformer）发送NDP-A， NDP， Trigger帧， 然后STA端（Beamformee）通过feedback frame反馈信道矩阵信息， 然后AP端再根据反馈信息进行预编码， 以实现波束成形， 避免了用户之间的干扰



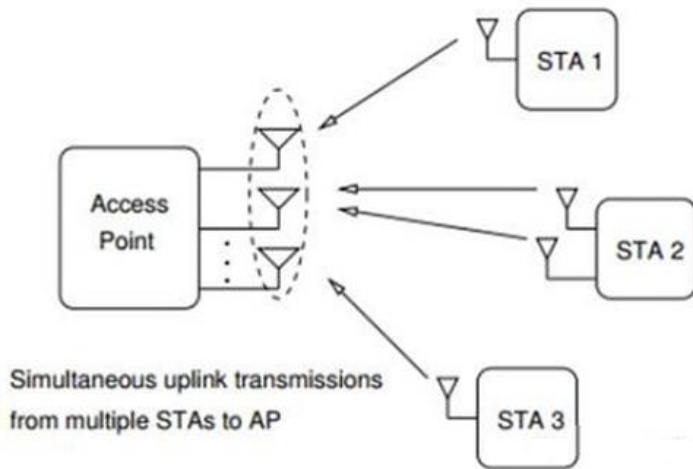
DL MU-MIMO

- ◆在完成信道信息反馈之后，AP就向所有的MU-MIMO用户同时发送数据信息，各个STA收到各自的数据之后回复BA报文



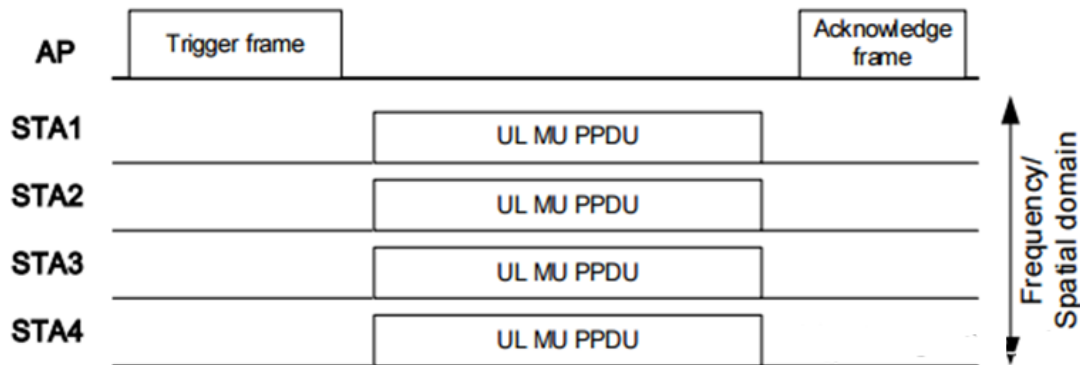
UL MU-MIMO

◆UL MU-MIMO是802.11ax的新特性。AP通过发送触发帧的方式来启动多个STA的同步上行传输。上行MU-MIMO与SU-MIMO原理相似，唯一不同SU-MIMO是由相同STA发送空间流，上行MU-MIMO的空间流来自不同STA。



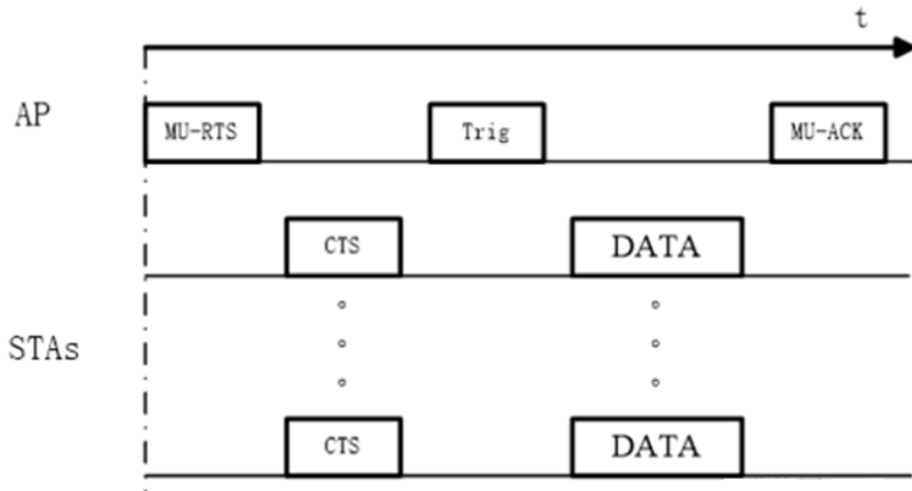
UL MU-MIMO

- ◆上行MU-MIMO的交互过程：由AP发送触发帧HE_Trig，通知STA发送时间、payload持续时间、PE、循环前缀GI类型等，STA根据要求发送UL MU PPDU，在AP端同时接收解调获得用户信息。
- ◆基于触发帧HE_Trig的上行传输机制，对发送用户STA端在传输时间、频率、采样时钟以及功率有要求，目的在于减少接收AP端的同步问题。



UL MU-MIMO

- ◆ MU-RTS也是一种触发帧（Trigger frame），能够实现向多个STA传递RTS信息，减少了多个RTS对空口资源的占用
- ◆ MU-RTS作用与传统的RTS一样，也是为了提前通知空口即将被占用，避免在传输过程中发生用户之间的碰撞
- ◆ 当STA收到MU-RTS之后，需要回复相应的CTS，协议中规定以UL MU-MIMO的形式回复CTS
- ◆ AP在接收到用户回复的CTS之后，才开始启动后续的数据传输过程。

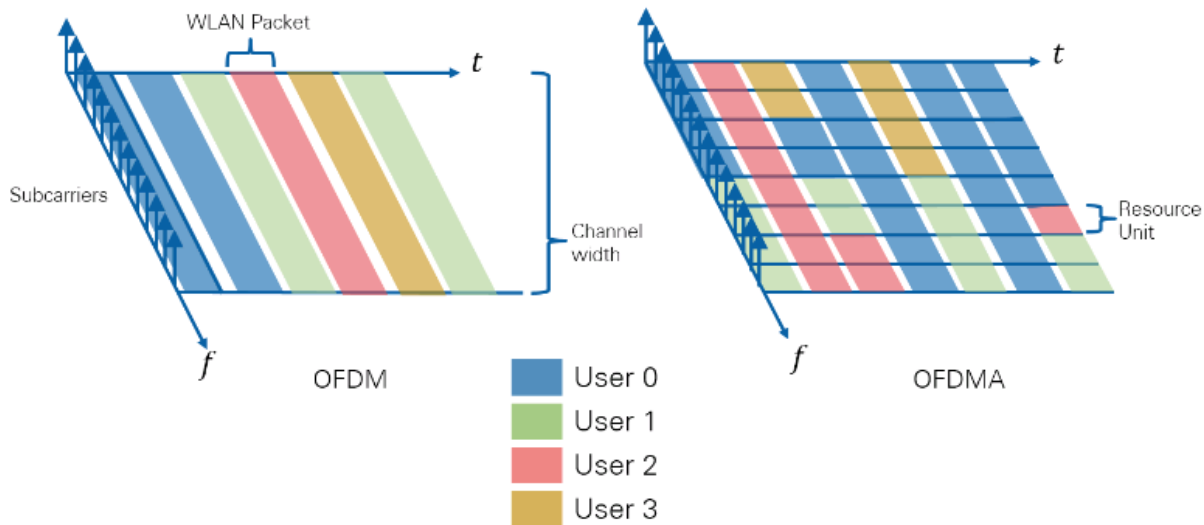


OFDMA

- ◆802.11ax借鉴了正交频分多址（OFDMA）这一成熟的4G LTE技术，将相同的信道带宽中复用给多个用户。
- ◆802.11a/g/n/ac技术使用的是正交频分复用（OFDM）调制方式，其原理是将信道切分为多个子载波，但是主要是为了防止干扰，单一信道内的子载波必须同时使用。
- ◆802.11ax标准则更进一步，将现有的802.11信道(20、40、80和160MHz宽度)划分成具有预定数量子载波的较小子信道，并将特定子载波集进一步分配给个别STA。
- ◆802.11ax标准也引入了LTE专有名词，将最小的子信道称为“资源单位”(Resource Unit，RU)，每个RU当中至少包含26个子载波（相当于2MHz带宽）

OFDMA

- ◆AP会根据多用户的流量需求来判断如何配置信道，持续分配所有可用的RU。
- ◆它可能会将整个信道一次分配给一名用户，如同802.11ac一样；也可以按照通道进行分配，以便同时服务多个用户



OFDMA

- ◆在OFDMA中，一个OFDM信号是由多个子载波组成，这些子载波就组成了一个用户自己的带宽，每个用户可分配的RU大小可以是不同的。
- ◆子载波的类型分以下几种：
 - ◆Data子载波：用来传输数据的；
 - ◆pilot子载波：用来传输相位和轨迹参数的；
 - ◆unused子载波：无用的载波，什么都不传输，一般用来做边界保护

OFDMA

◆802.11ax给出了不同大小RU所包含的子载波数量：

◆26-tone RU

◆52-tone RU

◆106-tone RU

◆242-tone RU

◆484-tone RU

◆996-tone RU and 2x996-tone RU。

◆802.11ax协议中规定：HE SU PPDU只能使用242-tone（20MHz）、484-tone（40MHz）、996-tone（80MHz）和2x996-tone（160MHz或80MHz+80MHz）。HE MU PPDU在使用OFDMA传输时可以混合使用26, 52, 106, 242, 484 和 996-tone RUs

OFDMA

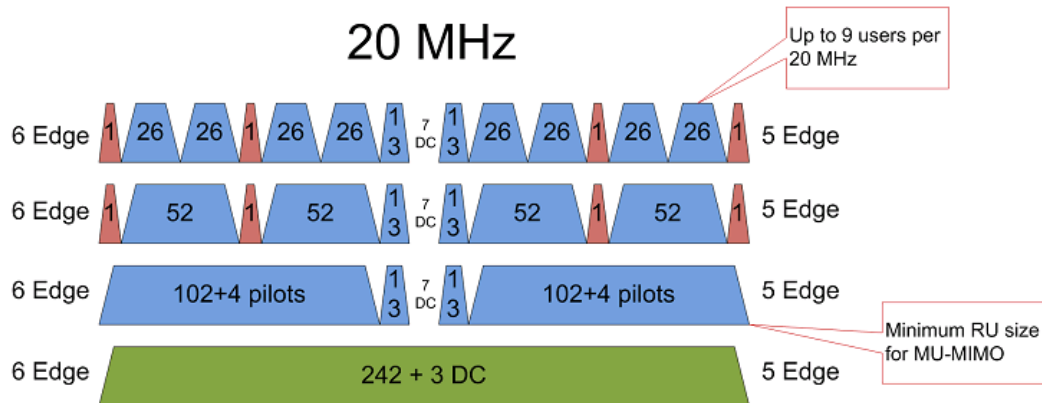
◆ 右侧为802.11ax协议中20MHz带宽，关于RU划分的方式

Table 28-6—Data and pilot subcarrier indices for RUs in a 20 MHz HE PPDU

RU type	RU index and subcarrier range				
26-tone RU	RU 1 [-121: -96]	RU 2 [-95: -70]	RU 3 [-68: -43]	RU 4 [-42: -17]	RU 5 [-16: -4, 4: 16]
	RU 6 [17: 42]	RU 7 [43: 68]	RU 8 [70: 95]	RU 9 [96: 121]	
52-tone RU	RU 1 [-121: -70]	RU 2 [-68: -17]	RU 3 [17: 68]	RU 4 [70: 121]	
106-tone RU	RU 1 [-122: -17]		RU 2 [17: 122]		
242-tone RU	RU 1 [-122: -2, 2: 122]				

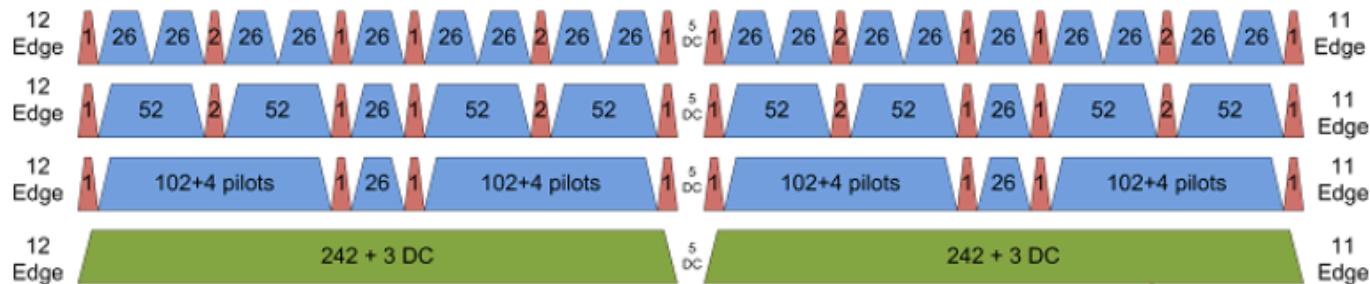
[x1: y1] means the frequency index of the RU from the lowest frequency index with x1 to the highest index of y1 by one increment.

[x1: y1, x2: y2] means the frequency index of the RU from the lowest frequency index of x1 to y1 by one increment, and from the x2 to the highest frequency index of y2 by one increment.



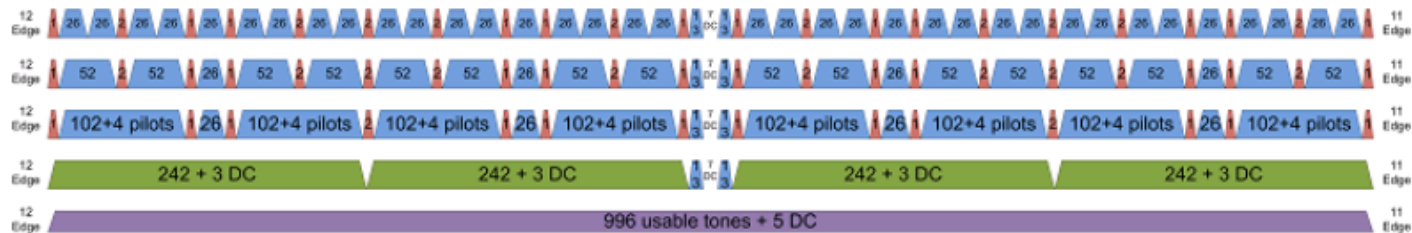
OFDMA

40 MHz



Minimum RU size
for 1024-QAM

80 MHz



OFDMA

◆下面这个表格展现出了当802.11ax AP和STA协调进行MU-OFDMA作业时，不同的带宽，能够支持的多用户数量

RU类型	CBW20	CBW40	CBW80	CBW160和CBW80+80
26副载波RU	9	18	37	74
52副载波RU	4	8	16	32
106副载波RU	2	4	8	16
242副载波RU	1-SU/MU-MIMO	2	4	8
484副载波RU	N/A	1-SU/MU-MIMO	2	4
996副载波RU	N/A	N/A	1-SU/MU-MIMO	2
2x996副载波RU	N/A	N/A	N/A	1-SU/MU-MIMO

HE Data Rate

◆802.11ax单用户极限物理速率**9.6Gbps**，对比802.11ac的6.9Gbps，提升了近40%！

Table 28-102—HE-MCSs for optional non-OFDMA 160 MHz and 80+80 MHz, $N_{SS} = 8$

HE-MCS Index	DCM	Modulation	R	N_{BPCS}	N_{SD}	N_{CBPS}	N_{DBPS}	Data rate (Mbps)		
								0.8 μ s GI	1.6 μ s GI	3.2 μ s GI
0	N/A	BPSK	1/2	1	1 960	15 680	7 840	576.5	544.4	490.0
1		QPSK	1/2	2		31 360	15 680	1 152.9	1 088.9	980.0
2			3/4				23 520	1 729.4	1 633.3	1 470.0
3		16-QAM	1/2	4		62 720	31 360	2 305.9	2 177.8	1 960.0
4			3/4				47 040	3 458.8	3 266.7	2 940.0
5		64-QAM	2/3	6		94 080	62 720	4 611.8	4 355.6	3 920.0
6			3/4				70 560	5 188.2	4 900.0	4 410.0
7			5/6				78 400	5 764.7	5 444.4	4 900.0
8		256-QAM	3/4	8		125 440	94 080	6 917.6	6 533.3	5 880.0
9			5/6				104 533	7 686.3	7 259.2	6 533.3
10		1024-QAM	3/4	10		156 800	117 600	8 647.1	8 166.7	7 350.0
11			5/6				130 666	9 607.8	9 074.0	8 166.6



802.11AX MAC层改进

SR空间复用技术

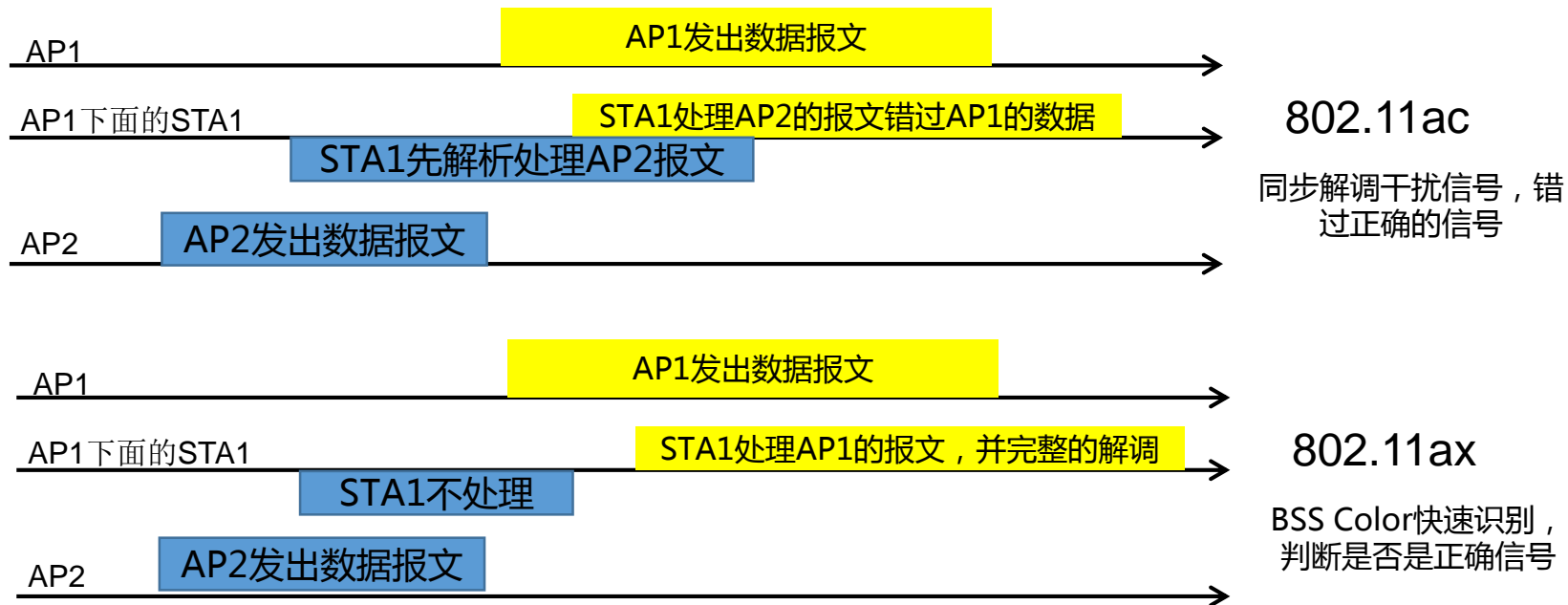
- ◆为了提升密集部署环境中系统级性能和频谱资源的有效利用，802.11ax提出了一种信道空间复用技术（spatial reuse technique）。通过该技术，STA可以识别来自OBSS（overlapping Basic Service Sets, OBSS）的信号，并且根据相关信息来进行空口冲突判断与干扰管理。
- ◆核心技术包括：
 - ◆引入BSS-COLOR快速识别BSS，提升信号接收和解调效率
 - ◆通过CCA门限动态调整，降低信道干扰对信号发送的影响

基于颜色的快速BSS识别

- ◆当STA侦听802.11ax的信号时，可以通过检测前导码中的表示BSS的颜色位（BSS color bit）或者MAC地址，如果BSS的颜色与自己关联的AP发出的相同，那么STA可以认为该数据帧与自己在同一个BSS。如果不相同，那么STA可以认为该数据帧是来自OBSS的，这时就需要进行相应的退避策略



基于颜色的快速BSS识别



动态CCA门限

- ◆ 高密度会场需要布置很多AP，当有两个或同性的AP会发生什么样的情况？当一个AP传输数据时，其他AP只能等待，AP布置的越多，速度会越慢。



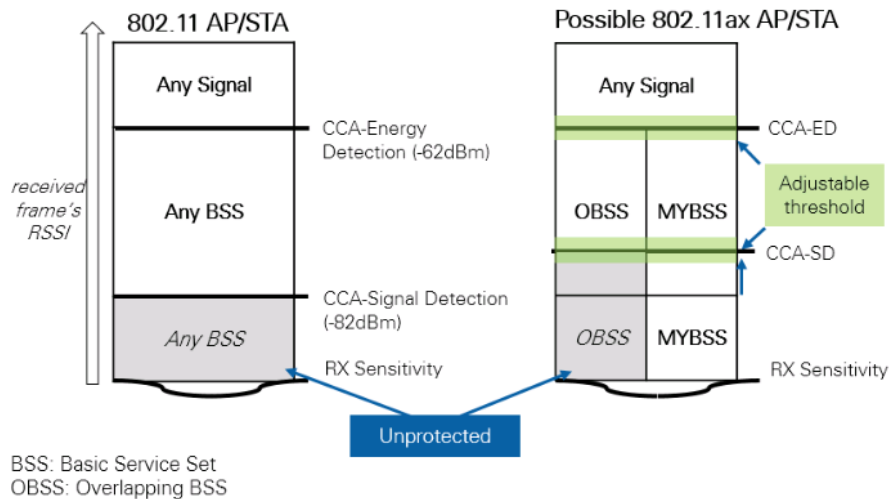
传统802.11协议，CCA检测机制就类似于圆桌会议，一人讲话，其余人都需聆听并等待。
即CCA-SD门限值以上收到了任何信号都视为信道非空闲

动态CCA门限



◆802.11ax给出的解决办法是把圆桌会议变成分组讨论，但是小组间谈话会互相干扰，干扰不可避免。因此需顶着干扰收发数据，这时动态CCA门限以及其他相关技术应运而生。

动态CCA门限



- ◆ 802.11ax协议，对于干扰处理类似于小组讨论，对于邻近小组的讨论，只要音量不影响到本小组的对话，则讨论照常进行。
- ◆ 即将OBSS与MYBSS的CAA门限区分对待，分别设置不同的CAA门限，从而保证在重叠BSS的低干扰下仍然可以正常发射。

动态CCA门限

- 动态CAA调整门限:

- ◆ 调高门限。当环境比较嘈杂，干扰信号较多，而AP与STA的距离较近，信号较强时，足以保证信噪比时，可以调高门限。
- ◆ 调低门限。当AP与STA的距离较远，信号不够强，干扰信号对信噪比影响显著时，可以降低门限。

动态功率控制

- ◆由于802.11ax引入了OFDMA与MU-MIMO传输技术，实现了多个用户的同时传输，因此，需要对多用户实行相应的功率控制，以保证近距离的用户信号不会把远距离的用户淹没。
- ◆如果AP端接收到的不同用户之间信号功率差距过大，则会引入载波间干扰，接收性能下降以及帧时间定位不准确等。在802.11ax中，AP可以命令STA进行发送功率的调整，以保证AP处接收到的RSSI能够达到一个预定值。
- ◆STA首先利用接收RSSI估计一个路径损耗估计值，然后再加上AP的目标RSSI，并以该值做为发送功率来进行信号的发送，这样就能实现近距离用户使用较低的发射功率，远距离用户使用较高发射功率，在AP处的RSSI就能够处于一个合理的范围，以达到性能的最大化

TWT节能管理

- ◆目标唤醒时间TWT（Target Wakeup Time）是802.11ax支持的另一个重要的资源调度功能，它借鉴于802.11ah标准。
- ◆它允许设备协商他们什么时候和多久会唤醒发送或接收数据，允许设备于信标传输周期的其他时间段唤醒。
- ◆802.11ax AP可以将客户端设备分组到不同的TWT周期，从而减少唤醒后同时竞争无线介质的设备数量。
- ◆TWT还增加了设备睡眠时间，从而大大提高了电池寿命



802.11AX 产品简介



WA6638



WA6330



WA6528



WA6622



WA6628



WA6322



WA6630X

WA6528



reddot award 2018
winner



整机最高接入速率6Gbps



支持双链路备份



支持全制式物联网业务扩展



多终端并发



总结

802.11n/ac/ax物理层特性对比

	802.11n	802.11ac	802.11ax
频段	2.4G/5G	5G	2.4G/5G
信道带宽 (MHz)	20/40	20/40/80/80+80/160	20/40/80/80+80/160
子载波数量	64/128	64/128/256/512	256/512/1024/2048
子载波间隔 (KHz)	312.5	312.5	78.125
符号时长 (us)	3.2	3.2	12.8
帧间隔 (us)	0.4/0.8	0.4/0.8	0.8/1.6/3.2
调制	OFDM	OFDM	OFDM、OFDMA
数据子载波调制方式	BPSK QPSK 16-QAM 64-QAM	BPSK QPSK 16-QAM 64-QAM 256-QAM	BPSK QPSK 16-QAM 64-QAM 256-QAM 1024-QAM
MCS	0-76	0-9	0-11
最大物理速率	150Mbps (1SS, 40MHz) 600Mbps (4SS, 40MHz)	433.3Mbps (1SS, 80MHz) 6933Mbps (8SS, 160MHz)	600.4Mbps (1SS, 80MHz) 9607.8Mbps (8SS, 160MHz)
MU-MIMO	不支持	支持DL MU-MIMO	支持UL/DL MU-MIMO
编码方式	BCC(强制) LDPC(可选)	BCC(强制) LDPC(可选)	BCC(强制) LDPC(强制)

802.11n/ac/ax速率对照表

空间流	信道带宽	802.11n	802.11ac	802.11ax
1SS	20MHz	72.2	86.7	143.4
	40MHz	150	200	286.8
	80MHz	NA	433.3	600.4
	160MHz	NA	866.7	1201
2SS	20MHz	144.4	173.3	286.8
	40MHz	300	400	573.5
	80MHz	NA	866.7	1201
	160MHz	NA	1733.3	2401.9
3SS	20MHz	216.6	288.9	430.1
	40MHz	450	600	860.3
	80MHz	NA	1300	1801.5
	160MHz	NA	2340	3602.9
4SS	20MHz	288.8	346.7	573.5
	40MHz	600	800	1147.1
	80MHz	NA	1733.3	2401.9
	160MHz	NA	3466.7	4803.9
8SS	20MHz	NA	693.3	1147.1
	40MHz	NA	1600	2294.1
	80MHz	NA	3466.7	4803.9
	160MHz	NA	6933.3	9607.8

注：

- 1、表格中数据的单位为Mbps
- 2、多列数据为该带宽模式下的最大速率

开篇的问题你是否有答案了呢？

- 为什么802.11ax会成为下一代WIFI技术？
- 802.11ax与802.11ac的关系是什么样的？
- 802.11ax的核心技术有哪些？
- 802.11ax最大物理速率又到了一个什么样的量级呢？
- 802.11ax的优势能在哪些场景下凸显出来？
- 802.11ax相比于802.11ac，稳定性如何？



Thank you