



802.11ax 之 独孤九剑

侯方明

概述

– 2018.10 WiFi联盟宣布802.11ax新名字WiFi 6

Wi-Fi Alliance® introduces Wi-Fi 6



New generational approach enables users to easily differentiate between Wi-Fi® technologies

Austin, TX, - October 3, 2018 – Wi-Fi Alliance® introduces **Wi-Fi 6** as the industry designation for products and networks that support the next generation of Wi-Fi®, based on 802.11ax technology.

Wi-Fi 6 is part of a new naming approach by Wi-Fi Alliance that provides users with an easy-to-understand designation for both the Wi-Fi technology supported by their device and used in a connection the device makes with a Wi-Fi network.

– 802.11ax标准正式frozen，预计2019年中发布正式标准（High-Efficiency Wireless, HEW）

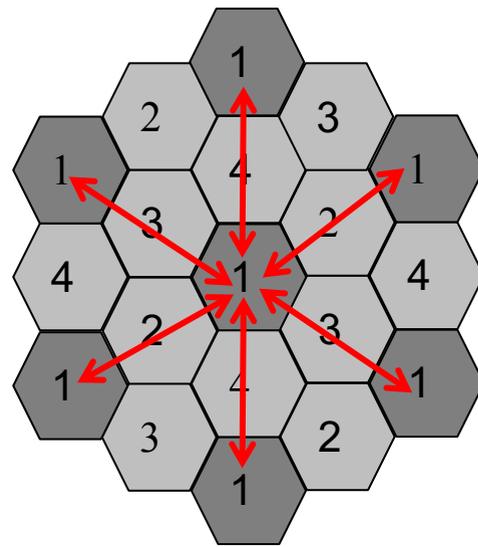


注意：

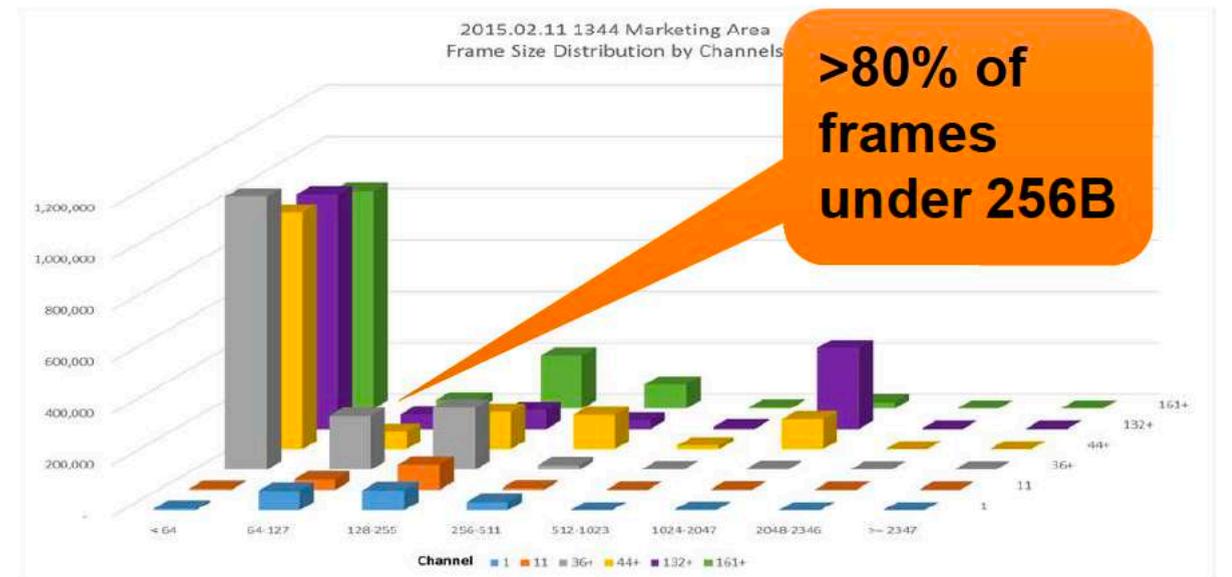
在此之前发布的11ax产品都是基于80.2 11ax draft 版本，无法通过Wi-Fi联盟认证，跟未来的11ax终端可能存在兼容性问题。

第一式：总诀式

- 口诀：有种种变化，用以体演总诀，共有三百六十种变化。
- 目的：发现敌方破绽，无招胜有招
- 802.11ax发现的破绽：
 - (1) 信道利用率低：在信道资源如此紧张的情况下，竟然存在信道资源浪费/空间浪费 实属不该
 - (2) 信道间干扰：高密场景下信道复用是不可避免的，同时也带来了信道间的干扰
- 实现目标：以提高网络整体性能为最终目标，密集用户场景下的平均吞吐率，关注的是应用、用户体验和整个无线生态。一切可用技术都拿过来改进，包括5G的OFDMA，11ac的MU-MIMO



信道复用干扰

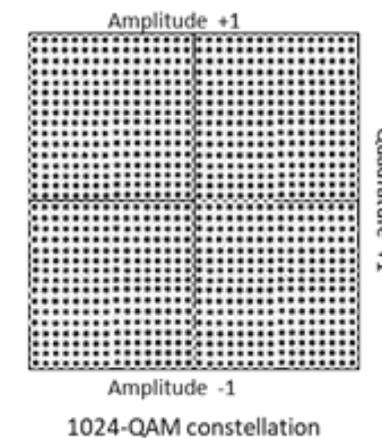
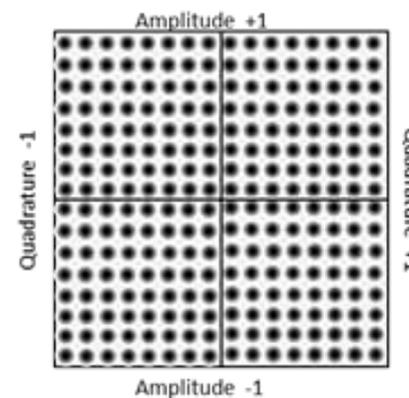
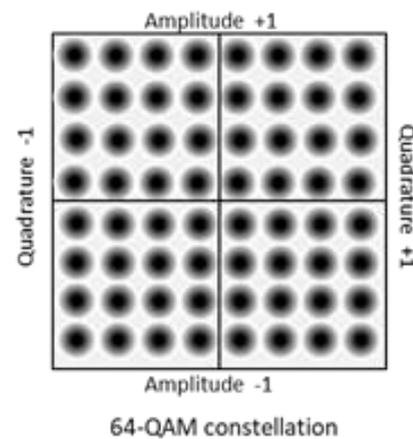
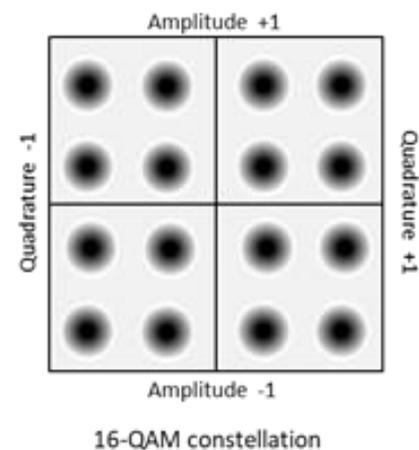


信道利用率低

第二式「破剑式」--天下武功，唯快不破

- 更高阶的调制方式，从802.11ac的256-QAM提升到了1024-QAM，
- 物理层协商速率提高25%，单条空间流80M频宽速率从433Mbps提升到了600.4M
- 厂家宣称的4.8Gbps指的是160MHz频宽下4空间流（ $600 \times 2 \times 4$ ），11ax最多支持8空间流，最大理论速率9.6Gbps

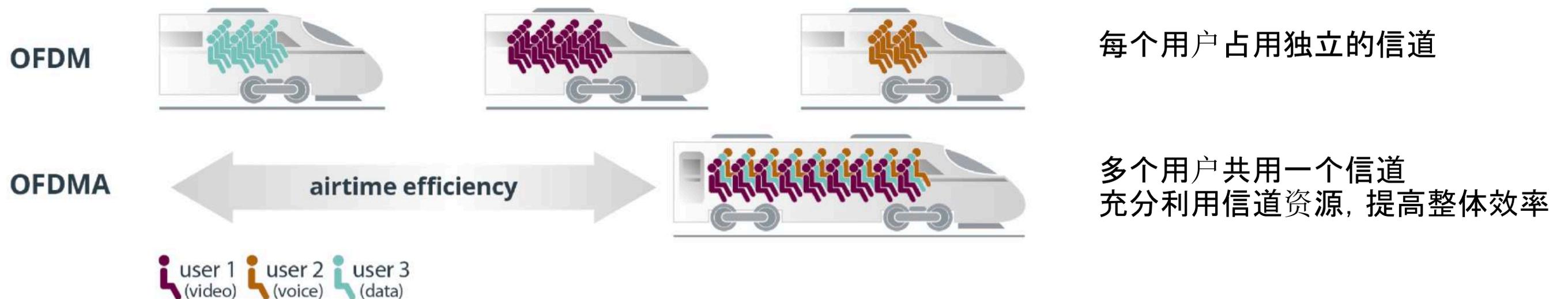
1024-QAM modulation



第三式「破刀式」--小李飞刀，例无虚发（绝不浪费任何机会）

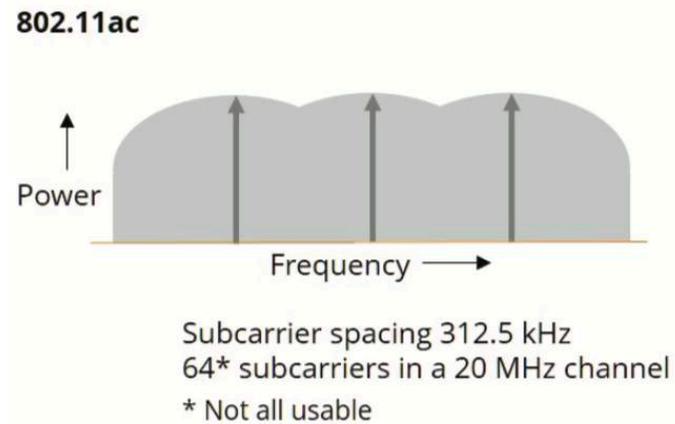
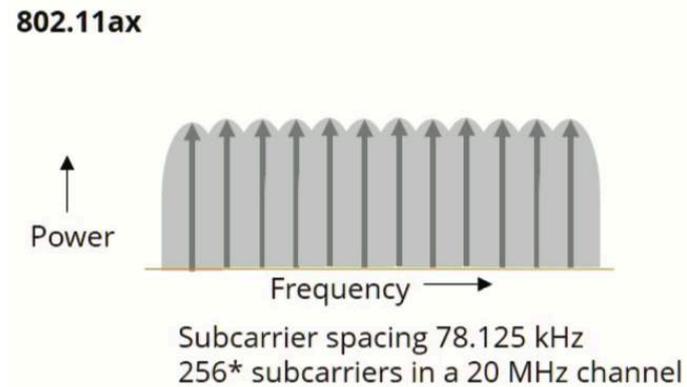
OFDMA：4G/5G核心技术，被引用到了11ax中

- 传统方式：每个用户要发送数据（无论数据包的大小）都会占用整个信道，就像一辆公共汽车只拉了一个乘客
- 破解之道：OFDMA，在频域上将无线信道划分为多个子信道（子载波），形成一个一个时频资源块，用户数据承载在每个资源块上，而不是占用整个信道，从而实现在每个时间段内多个用户同时并行传输，不必排队等待、相互竞争，提升了效率，降低了排队等待时延

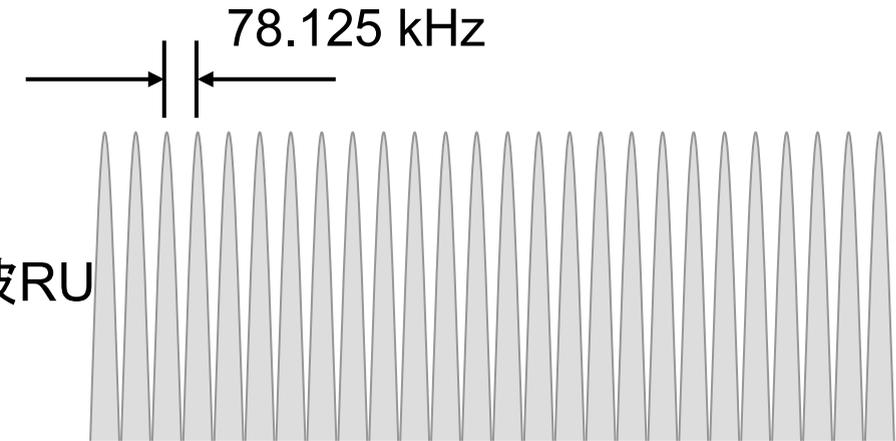


11ax Resource Units (资源单元), 多种组合, 按需提供

(1) 11ax子载波间距缩减到先前802.11标准的1/4

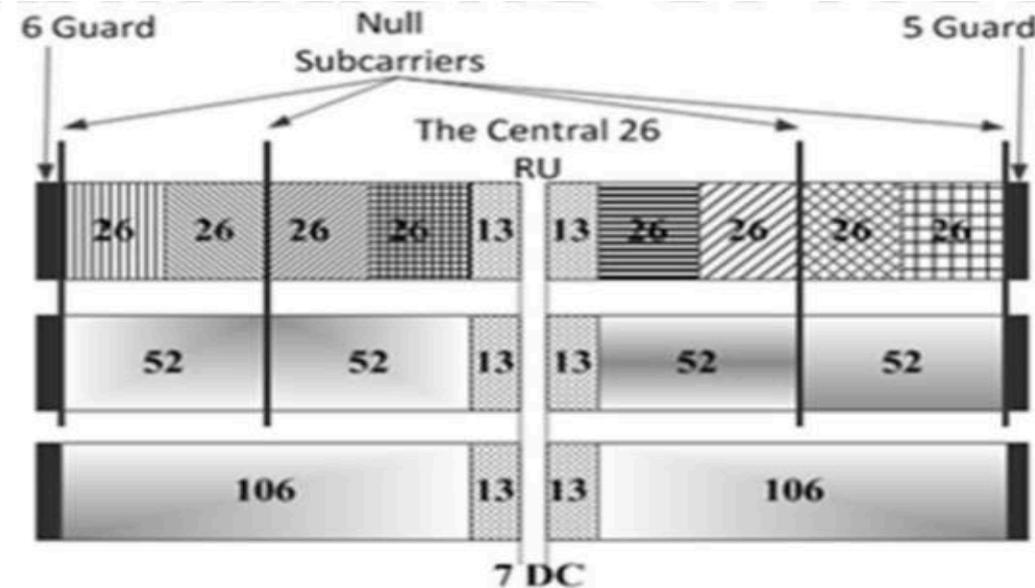


(2) 每2MHz有26子载波RU



RU 26 $78.125 * 26 = 2.031$ MHz

(3) 每20MHz的频宽中最多有9个用户, 也可以有其他组合, 提供多种RU满足不同用户需求

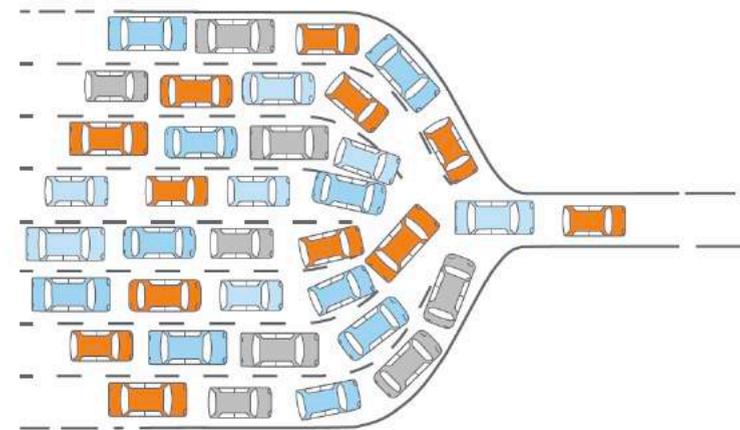
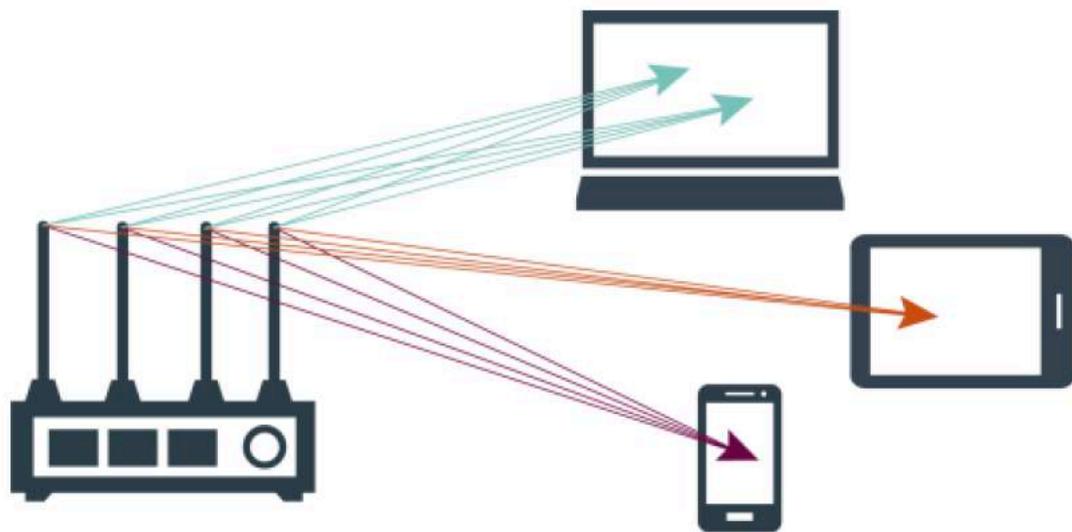


Channel (MHz)	Divided into sub-channels
20	9x 26
	4x 52, 1x 26
	2x 106, 1x 26
40	1x 242
	18x 26
	8x 52, 2x 26
	4x 106, 2x 26
	2x 242
80	1x 484
	37x 26
	16x 52, 5x 26
	8x 106, 5x 26
	4x 242, 1x 26
	2x 484, 1x 26
	1x 996

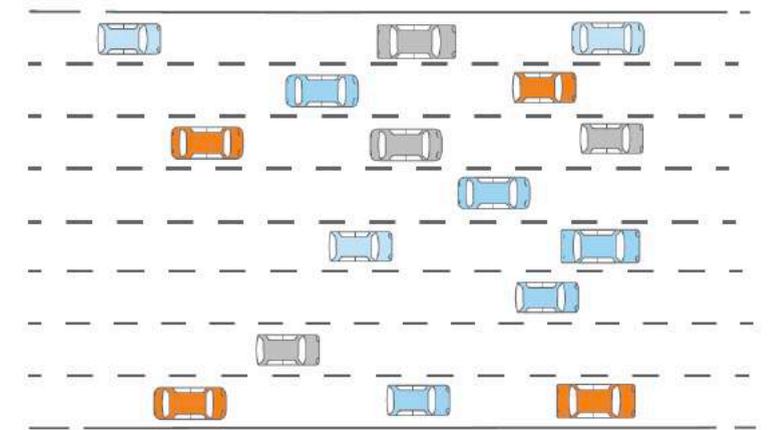
第四式「破箭式」：接招，万箭齐发

MU-MIMO

- 11ac wave2的最大亮点就是MU-MIMO，其AP节点可以同时向多个支持MU-MIMO的客户端发送数据包，解决了无线AP之前一次只能和一个终端通信的问题。
- 802.11ac Wave 2当时支持的最大规格是4×4 MU-MIMO，可以同时向4个终端共享下行的MU-MIMO数据包
- 802.11ax支持8x8，可以同时向8个终端发送数据。
- 802.11ax wave1阶段也是只支持下行MU-MIMO，要在wave2 阶段才能支持上行的MU-MIMO



传统：每次一个终端收发数据

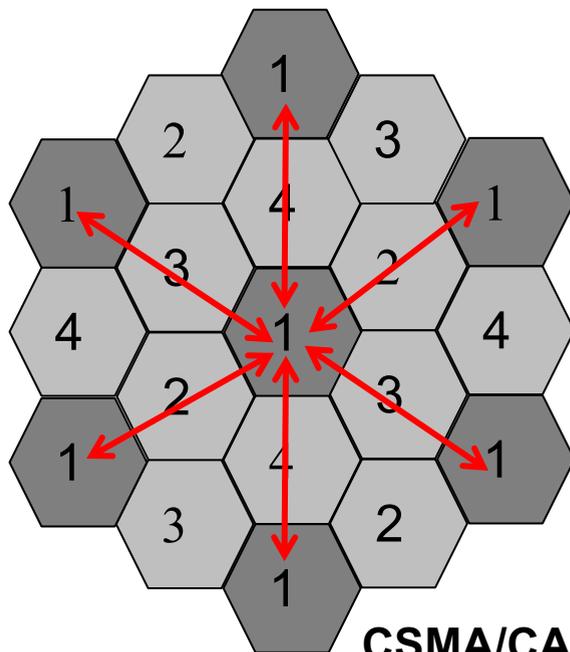


MU-MIMO：每次最多8个终端并发

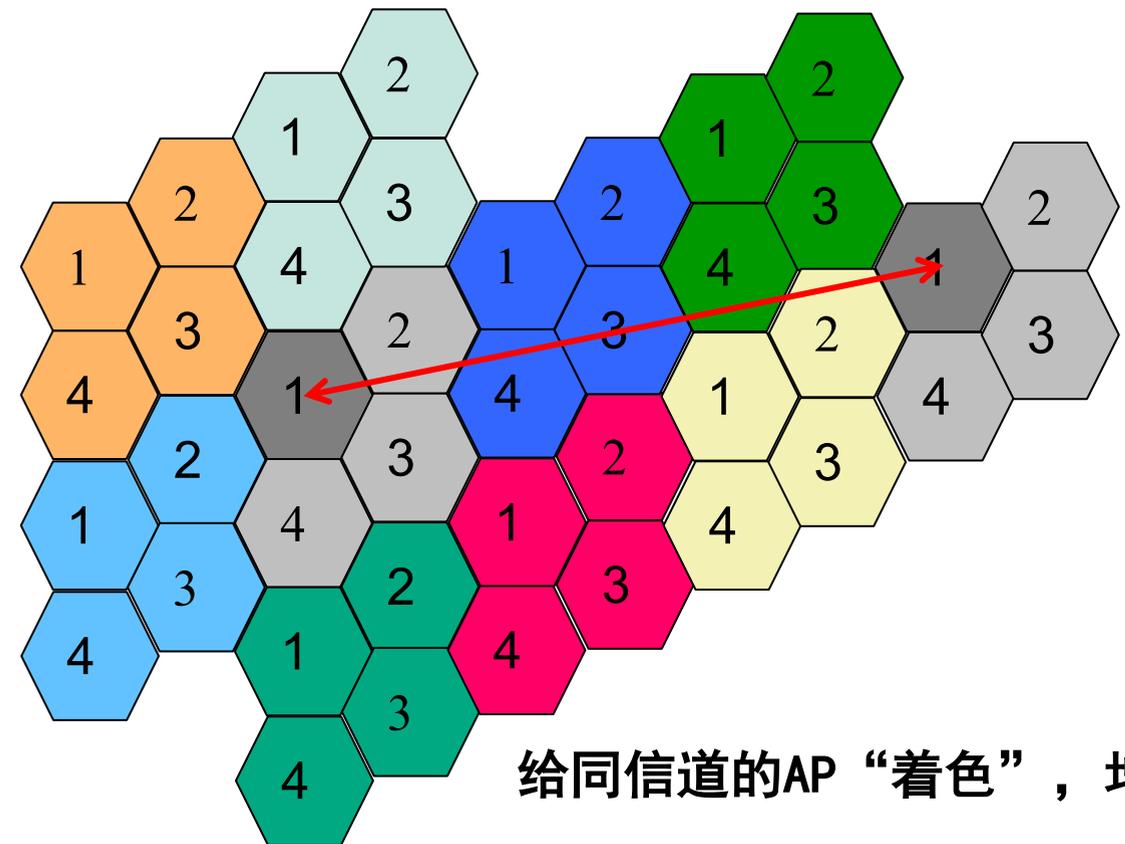
第五式「破掌式」：空手入白刃

BSS Coloring—增加标示符

- MU-MIMO解决了同一AP下多用户并发问题（Hub转交换），那不同AP在同一信道下的并发冲突如何避免？
- WiFi 数据传输CSMA/CA机制
 - 即每次在传送数据之前，会监听无线信道上有无其他AP也在传送数据，如果有，先避让，等下个时间段再传送。这意味着多个AP工作于同一信道时，由于采用轮流单独通信的方式，会大幅降低网络容量。
- BSS Coloring为每个AP“着色”
 - 即在数据报头加入6bits的BSS Color来指定不同的AP，这样一来，当路由器或设备在发送数据前侦听到信道已被占用时，会首先检查该“占用”的BSS Color，确定是否是同一AP的网络，如果不是，则不用避让，从而允许多个AP在同一信道上运行，并智能管理多用户同时并行传输。



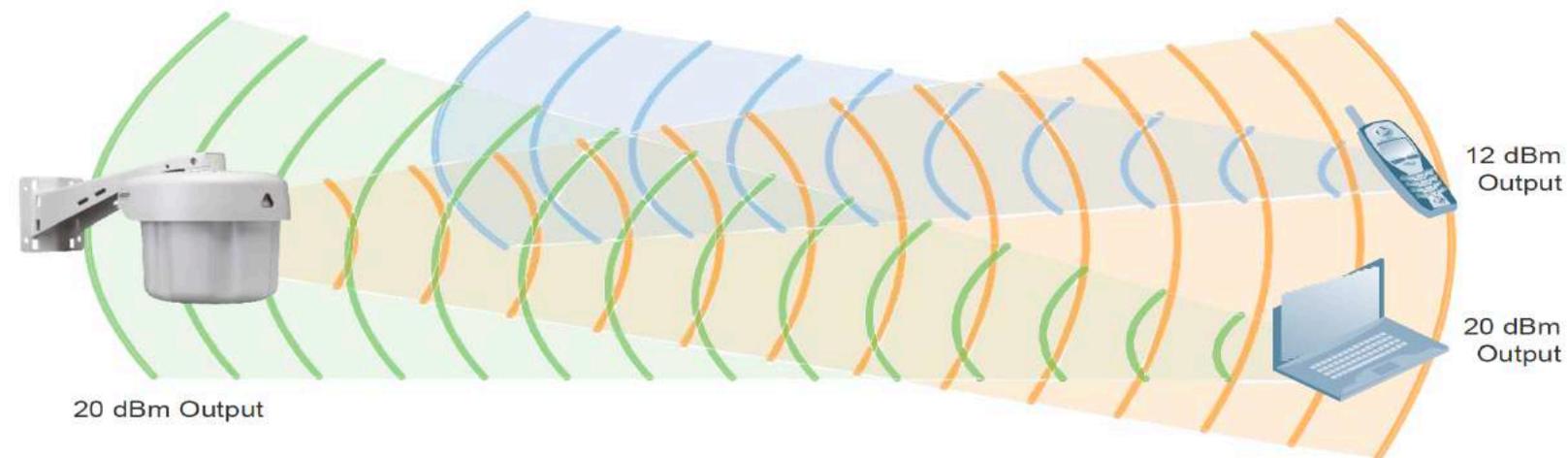
CSMA/CA, 除了冲突就是干扰



给同信道的AP“着色”，增加辨识度

第六式「破枪式」：一寸长 一寸强 Outdoor / Longer range features (long guard interval)

- 强大的11ax怎么能甘心与屈居室内而把室外的大好江山拱手让给5G呢，更何况还有IOT这个大蛋糕。
- WiFi建议覆盖距离真正的原因是信号强度吗（不由想到以太网网线长度为什么不能超过100米？）
- 室外为了尽量避免多径效应产生的冲突，11n/11ac guard intervals 使用0.8u sec(Long GI)
- 仍然不够，802.11ax 提供更大的保护间隔选项：0.8, 1.6, and 3.2 usec
- 其他技术：例如Dual Carrier Modulation (DCM)提高增益
- 允许使用较长的保护间隔来发送数据，从而防止信号远距离传送时的多径干扰问题，据说这可以让室外Wi-Fi吞吐量提高50%。



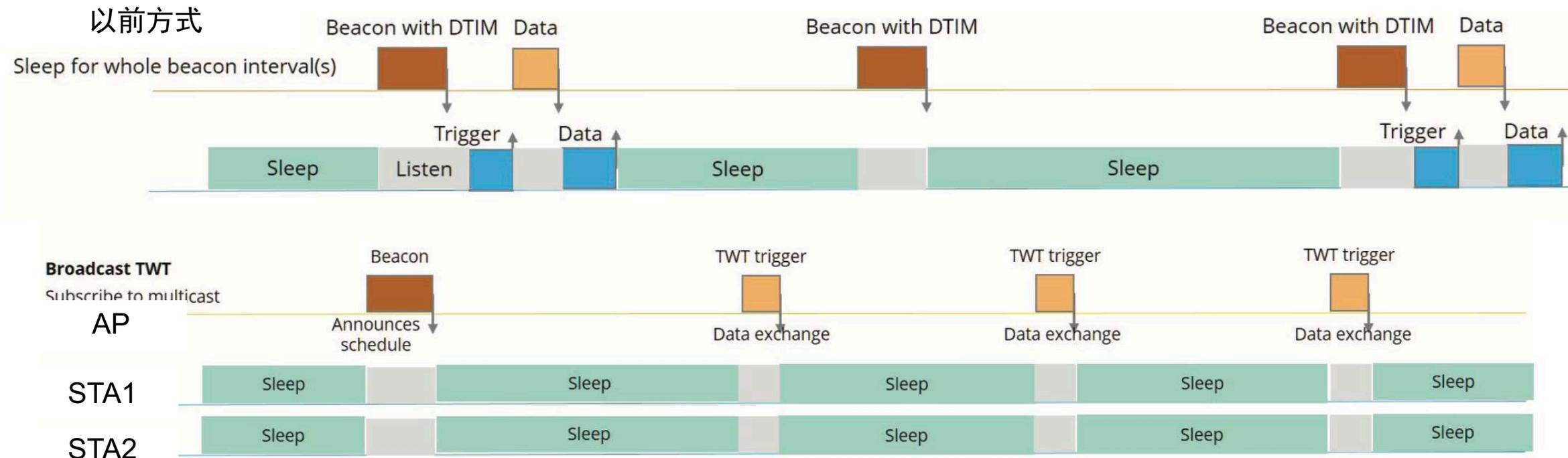
第七式「破气式」：专破各种内功心法

Target Wake Time, 节电模式

终端（尤其是使用的电池的IOT设备）的电就像武林高手的“气”一样重要。

目标唤醒时间的功能，减少用户之间的争用及冲突，显著增加STA的休眠时间

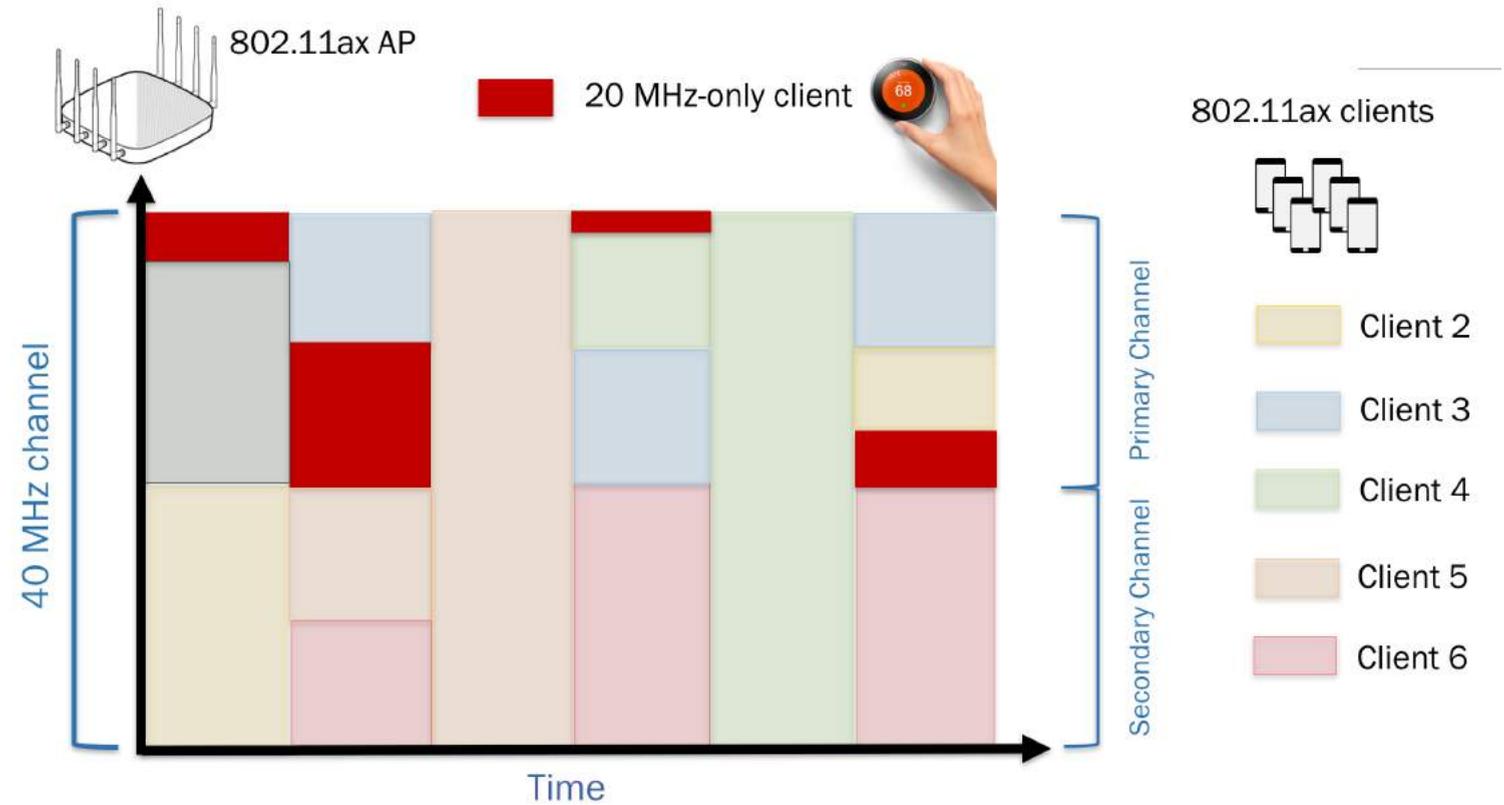
再也不用到处找充电宝了；使用电池的IOT设备们喜大泪奔，再也不会被嫌弃了。



第八式「破鞭式」：为了IOT，专家们操碎了心

20MHz only，专为IOT设计

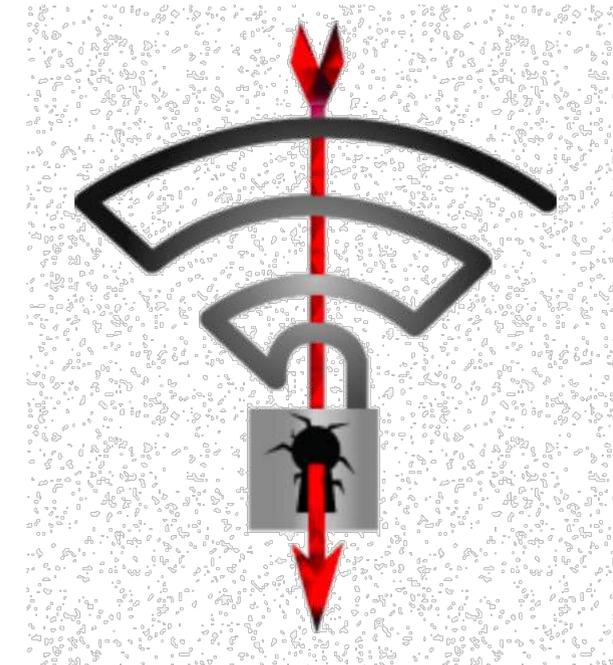
- 许多设备尤其是IOT设备仅支持20MHz模式
- 11ax会使用单独的20MHz（无论是2.4G还是5G）给这些设备使用
- 如果AP工作在20MHz，会支持OFDMA的所有RU（26/52/106/204-RU）
- 如果AP工作在40/80MHz，20MHz-only的终端也可以选取RU与其他终端共存。



第九式「破索式」：专破各种内功心法

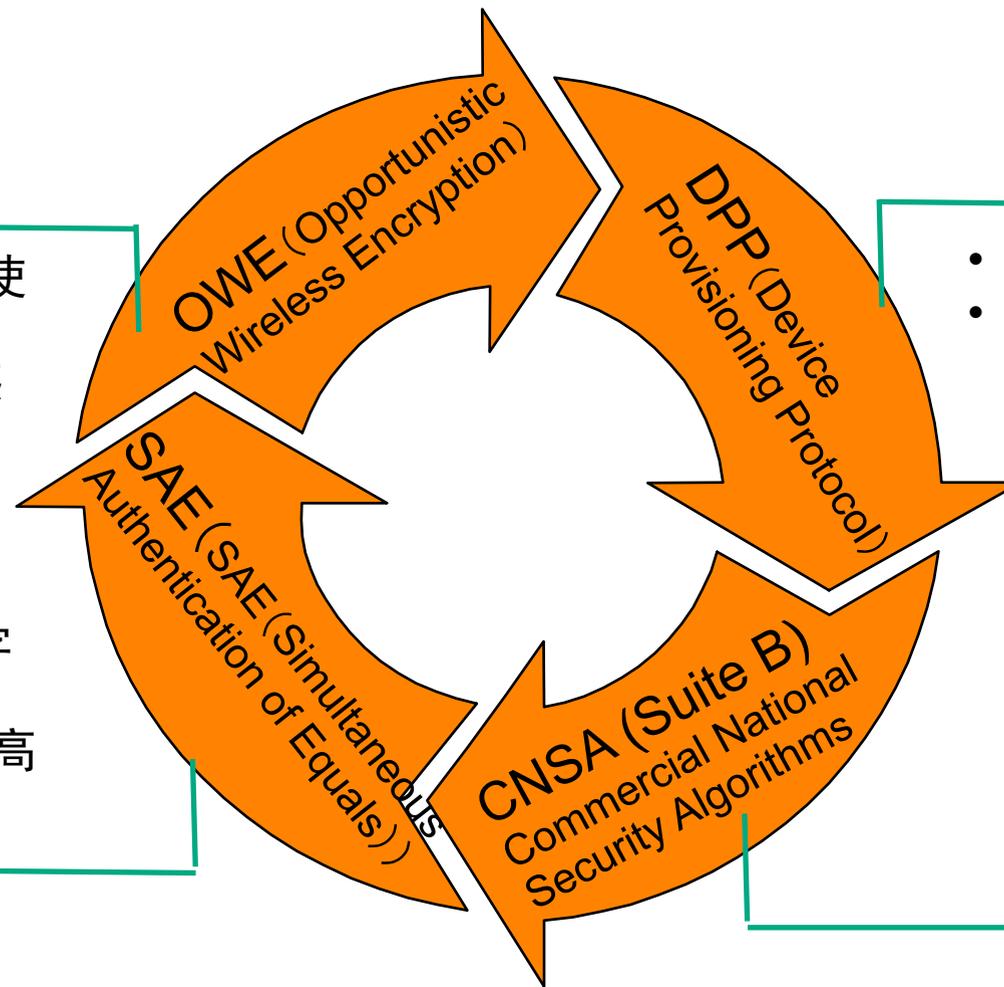
WPA3—Aruba 安全专家 Dan Harkins 发明

- 802.11协议中沿用13年的WPA2加密协议漏出破绽，于2017年10月被完全破解
- 2018年6月26日，WiFi联盟宣布神功大成，推出WPA3安全协议
- 11ax的协议标准里不包括wpa3，但作为最新的技术，怎能不考虑安全呢，不支持wpa3的11ax产品不是好产品。



- WPA2: 一些公共场所嫌输入密码麻烦，干脆使用open的SSID，WPA2对此无能为力，
- WPA3: 即使是open的SSID，也能提供用户无感知的数据传输加密，

- WPA2: 对个人加密采用PSK方式，容易遭受字典攻击破解密码
- WPA3: 使用SAE替换PSK，使用4次握手提供更高安全；对WPA2-enterprise无太多改进；



- WPA2: 没有UI的IoT设备无法输入密码
- WPA3: 通过扫描二维码/密码/NFC/蓝牙等方式，轻松添加IoT设备

- WPA2: 128位密钥
- WPA3: 增加位数，256位密钥

总结 (各种提升的分类)

Spectral Efficiency & Area Throughput

1024 QAM
25% increase in data rate

DL/UL MU-MIMO w/ 8 clients

8x8 AP

2x increase in throughput

High Density

Long OFDM Symbol

ac

ax

Up to 20% increase in data rate

OFDMA

Spatial Reuse

Power Saving

Scheduled sleep and wake times

Next TWT, TWT Wake Interval

TWT element: Implicit TWT, Next TWT, TWT Wake Interval

Outdoor / Longer range

Extended range packet structure

8μs, 8μs, 4μs, 4μs, 16μs, 4μs

L-STF, L-LTF, L-SIG, RL-SIG, HE-SIG-A, HE-STF, HE-LTF, ..., HE-LTF, Data, PE

Enhanced delay spread protection - long guard interval

0.8μs 11ac

1.6μs 11ax

3.2μs 11ax

20 MHz-only clients

Secondary 20, Primary 20

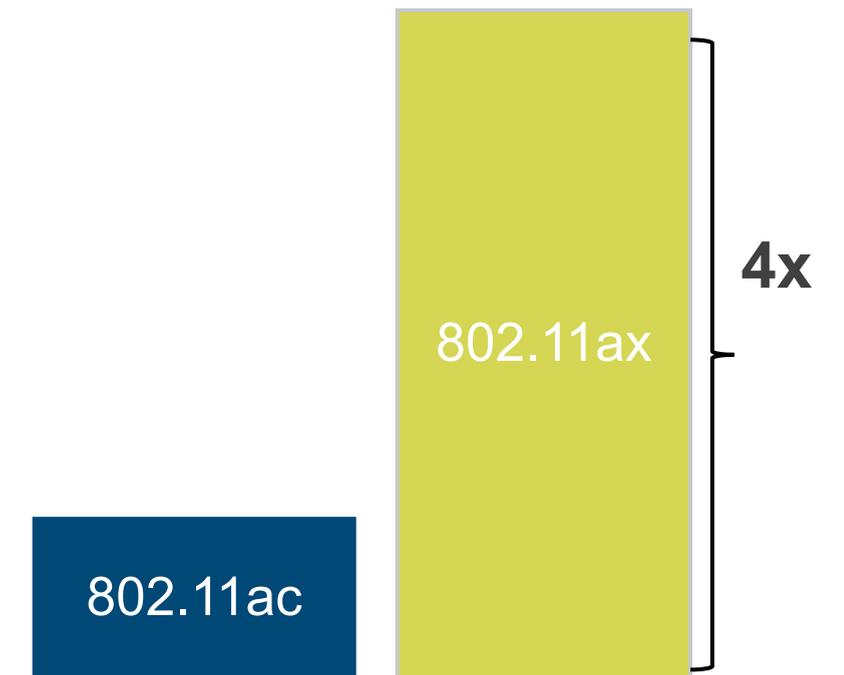
STA A, STA B, STA C, STA D, STA E, STA F, STA 1, STA 2, STA 3, STA 4, STA 7, STA 8

Aruba 802.11ax AP-510

- **真正根据最终802.11ax标准的AP**
- **满足802.11ax标准**
 - 支持上行和下行OFDMA
 - 支持下行MU-MIMO
 - 支持TWT及其他协议
- **物联网支持**
 - 内置Zigbee & Bluetooth 5
- **Flexible PoE option**
 - 支持 *Intelligent Power Monitoring (IPM)*，智能协商POE供电，在POE不足时通过停用某些服务保证设备可用。
- **增强安全**
 - 支持WPA3标准
- **Aruba AOS 功能**
 - AOS8, Airmatch, Clientmatch等



Max aggregate peak data rate
5.4Gbps
Controller/Instant deployment



**4x better capacity in
dense deployment**



**INNOVATING THE
GO TO MARKET**