



# 思科智能无线网络 -成功部署最佳实践

谢清 Xie Qing  
Consulting Systems Engineer

Nov 2016



# 您的无线网络能够面对数字化挑战吗？



# 思科创新的智能无线网络解决方案



## 智能的业务创新工具

客流分析  
专属营销信息和广告投放  
社交网络和商业WiFi集成  
高精度定位



运维自动化  
无线服务评估和保障



## 自我学习

射频资源管理 (RRM)  
应用可视化和控制 (AVC)  
终端设备识别 (Device Profiling)



自我痊愈  
高可用性 (SSO)  
射频资源管理 (RRM)



## 自我防御

智能频谱管理 (CleanAir)  
无线入侵检测 (wIPS)  
符合PCI行业标准



## 自我优化

高密度接入体验 (HDX)  
优化漫游，射频降噪  
射频资源管理 (RRM)

全球交换机市场份额

61%

NBASE-T™

全球无线局域网市场份额

50%



思科统一无线网络

# 避免部署误区，正确规划网络



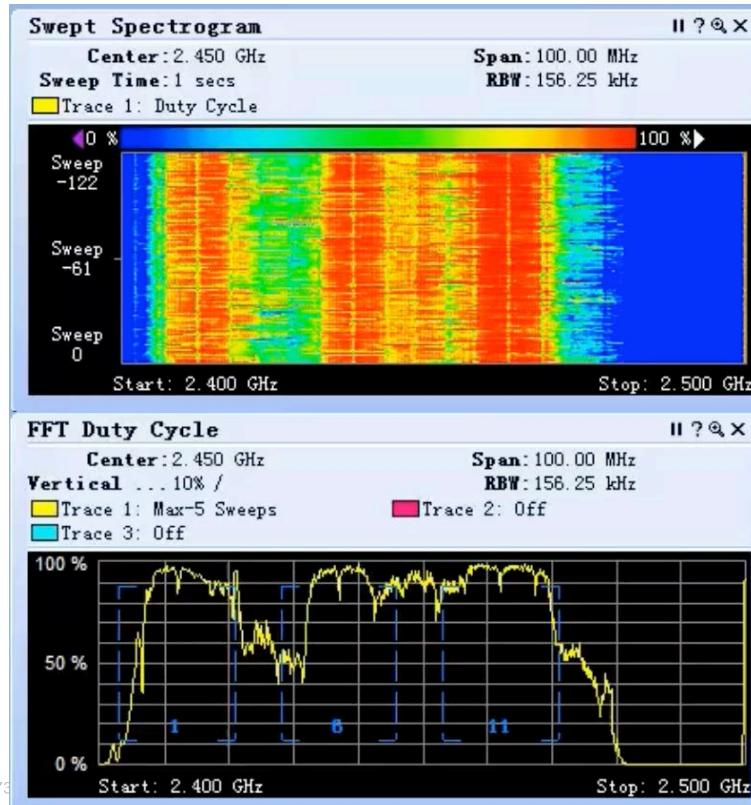


WRONG  
WAY

# 部署误区： 过多关注2.4GHz频谱

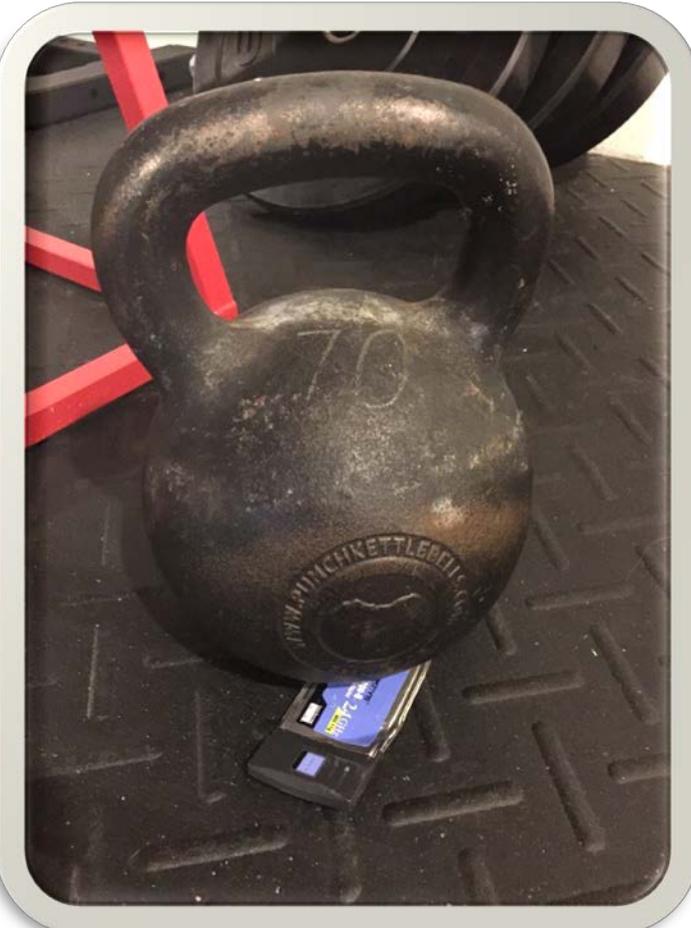
# 还在用 2.4GHz 频谱？

- 被滥用的垃圾频段
- 过渡饱和的设备密度
- 只有3个不重叠信道， 难以实现信道重用
- 愚蠢而不负责任的40MHz信道
- 不可能防止同频和邻频干扰
- 存在大量非Wi-Fi干扰源



# 关于频谱的最佳实践

- 按照5GHz频谱规划网络
- 2.4G频谱“尽力而为”
- 不购买单频无线接入点
- 不购买单频客户端
- 通过USB外接双频网卡迁移单频客户端





# 利用双 5 GHz 和智能无线电角色分配



# 双 5 GHz 无线电...意味着什么？

更多的容量，更少的无线接入点

3

2.4 GHz 信道

13

5 GHz 信道



# 微蜂窝/宏蜂窝 – 防止过度的 2.4 GHz 覆盖造成严重干扰



9x 3800i

1.6x Capacity



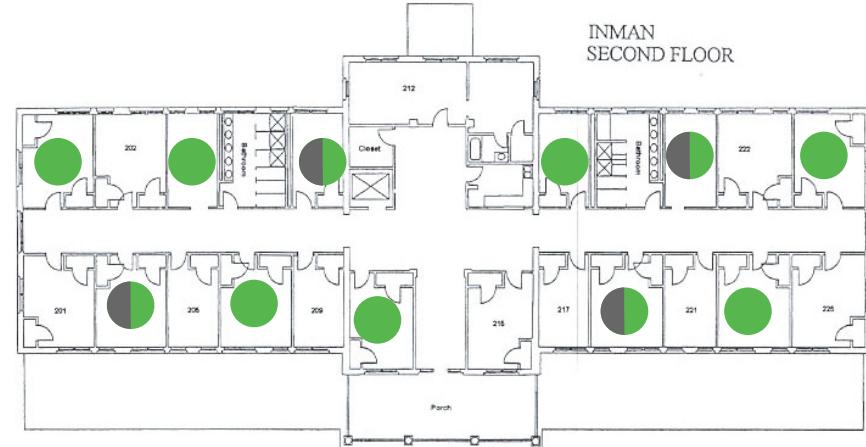
学校

(高密度接入, 要求系统容量)

其他  
厂商

9x AP

1/3<sup>rd</sup> Redundant



Dual-Band AP



Dual 5G AP



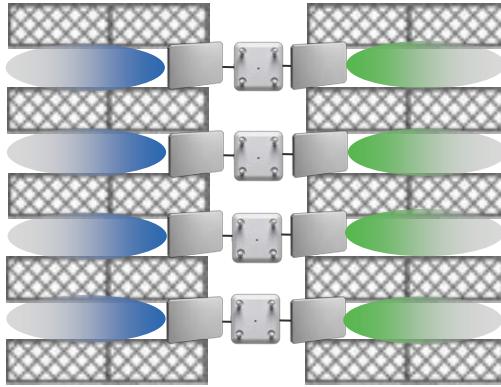
AP w/ 2.4 GHz Radio in monitor mode



# 宏蜂窝/宏蜂窝 – 定向天线覆盖不同区域



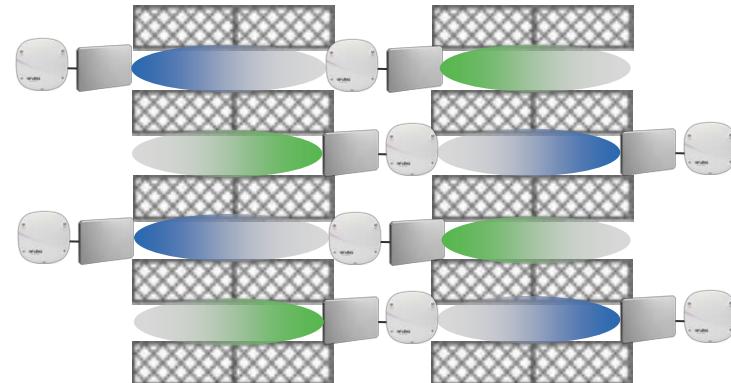
4x 3800e



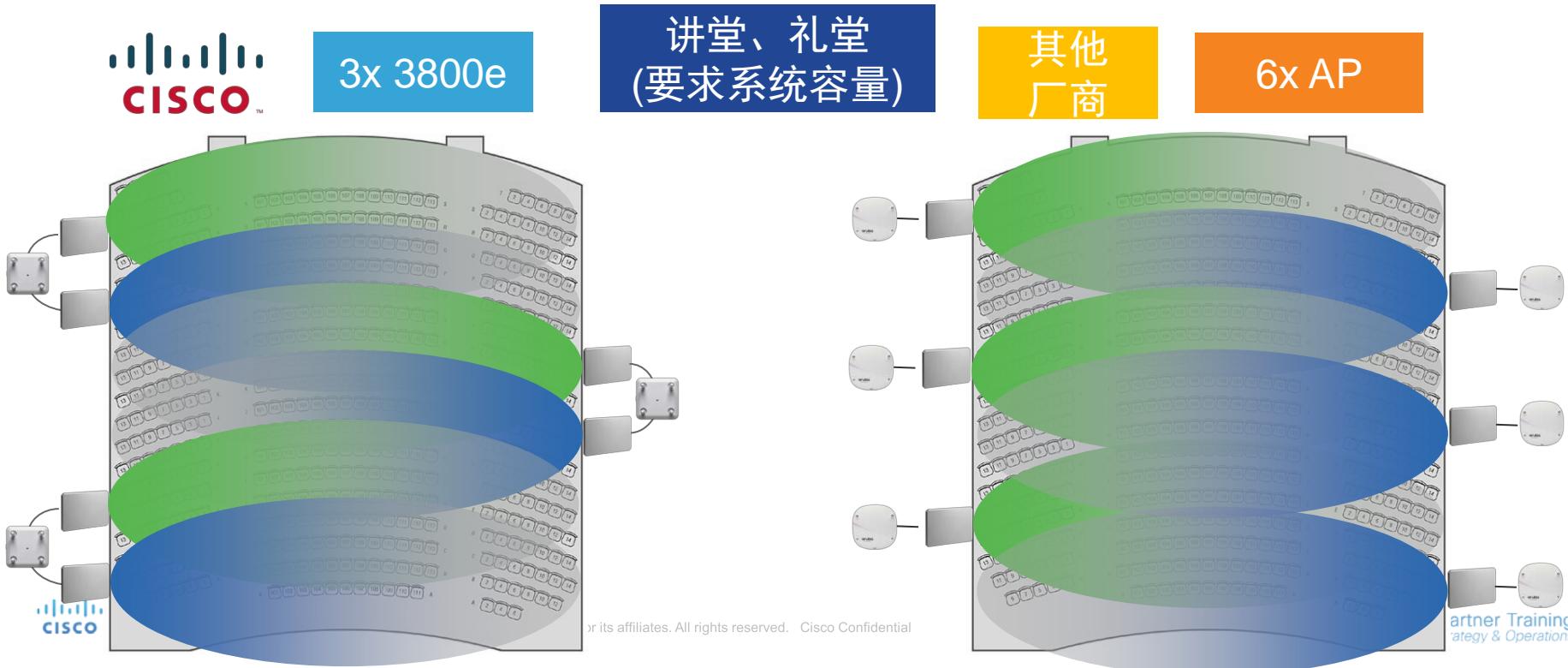
仓储环境  
(信号覆盖为主)

其他  
厂商

8x AP

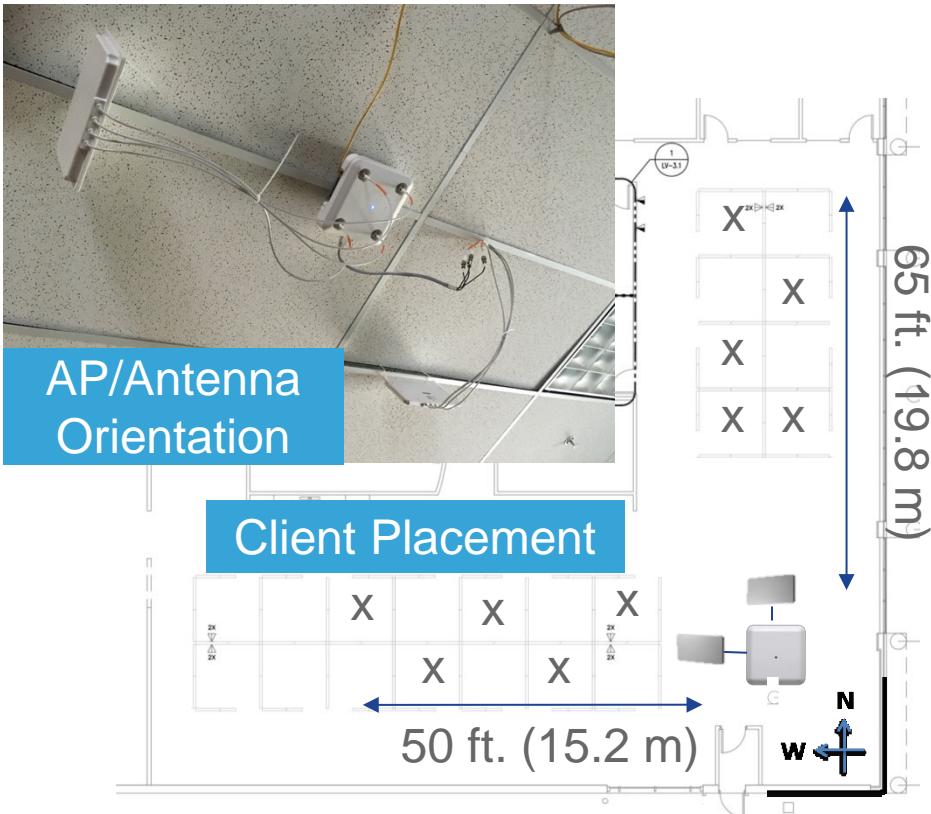


# 宏蜂窝/宏蜂窝 - 定向天线覆盖相同区域



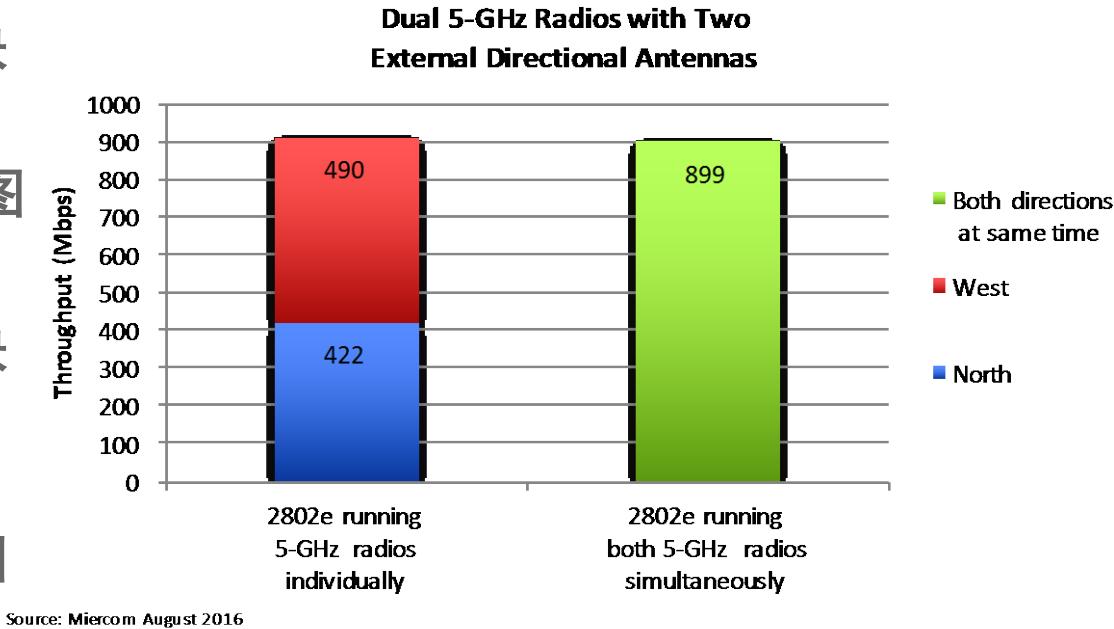
# 使用2802E无线接入点实测双5GHz

- 实际部署环境测试  
2802E 无线接入点采用  
外置天线利用双5Ghz覆  
盖两个区域
- 使用1个AP2802E 和 2  
个AIR-ANT2566P4W-R
- 每个方向连接 5 个  
MacBook Pro 客户端 (共  
10 个客户端)



# 使用2802E无线接入点实测双5GHz

- 分别测试两个无线模块的性能(5个客户端)
- 将两次测试结果相加(图中左侧 - 10个客户端)
- 同时测试两个无线模块的性能(图中右侧 - 10个客户端)
- 吞吐量测试结果基本相同





WRONG  
WAY

# 部署误区： 使用最大发射功率

# 使用最大发射功率



# 高发射功率带来的恶果

- 系统容量过载
- 增加了同频干扰
- 隐藏节点
- 客户端与无线接入点发射功率不匹配
- 粘性客户端漫游问题



# 与客户端发射功率不匹配



# 永远记住Wi-Fi是双向通信系统 任何忽视客户端能力的设计规划都将部署失败！

Model	EIRP 2.4 GHz	Worst* EIRP 5 GHz
Iphone 6S	14.8 dBm	10.3 dBm
Ipad 4	15.2 dBm	22.67 dBm
Samsung S7	14.8 dBm	10.14 dBm
Samsung S4 tab	12.05 dBm	11.24 dBm
Samsung S6	13.5 dBm	10.66 dBm
HTC One	14.4 dBm	13.8 dBm
Nokia Lumia 1520	13.1 dBm	11.6 dBm
ASUS PCE-AC66	22 dBm	22.83 dBm

包括并不仅限于：

- 客户端等效发射功率
- 客户端收发天线数量
- 客户端空间流支持数量
- 客户端支持的信道宽度
- 客户端对于标准的支持程度
- 客户端漫游能力
- .....

\* EIRP varies with sub-band, displaying worst of all sub-bands





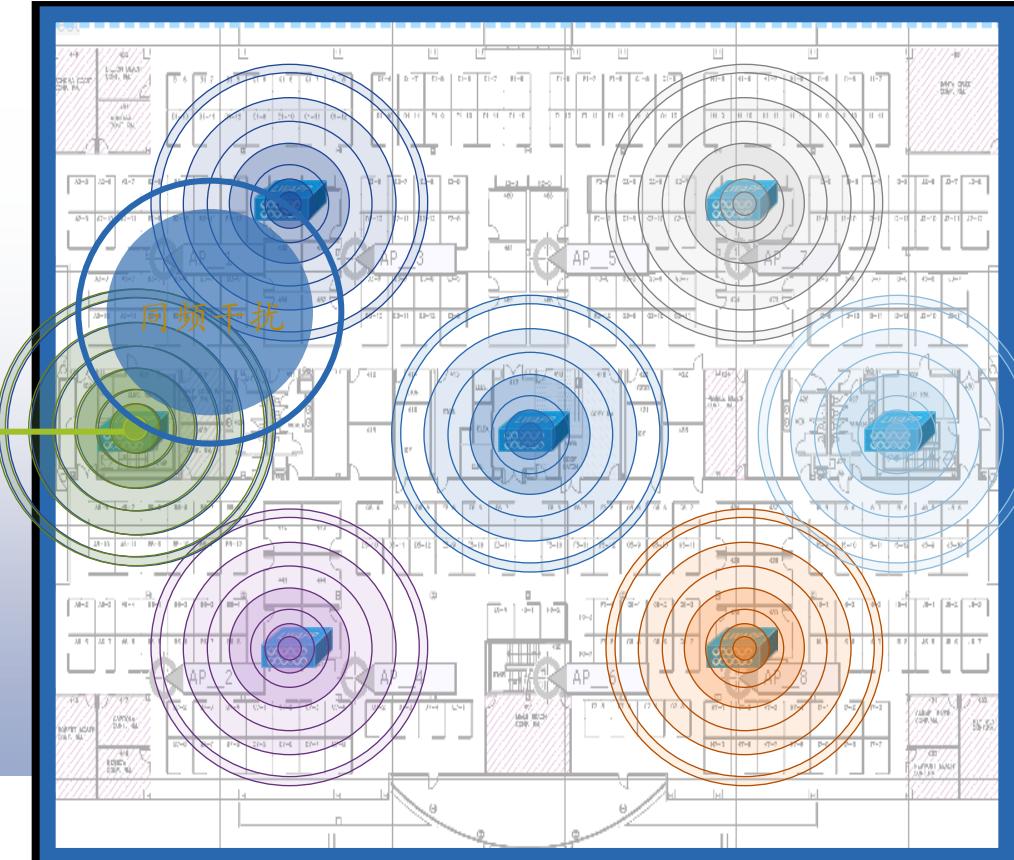
# 启用射频资源管理

# 自我学习和优化

## 智能无线电资源管理



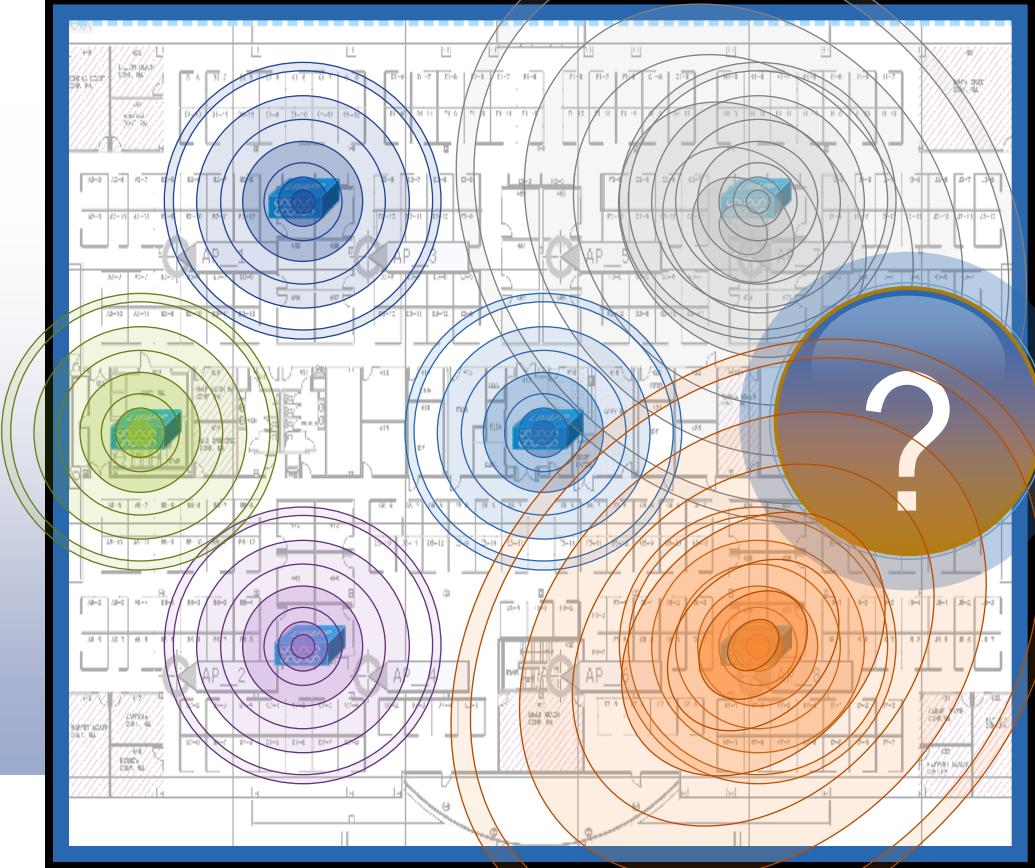
新增无线接入点



无线接入点自动  
改变信道，避免  
同频干扰发生

# 自我学习和优化

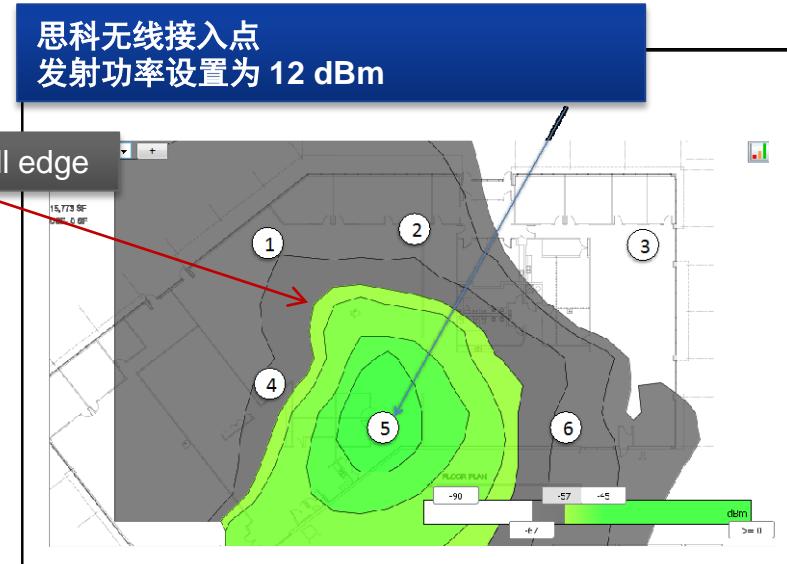
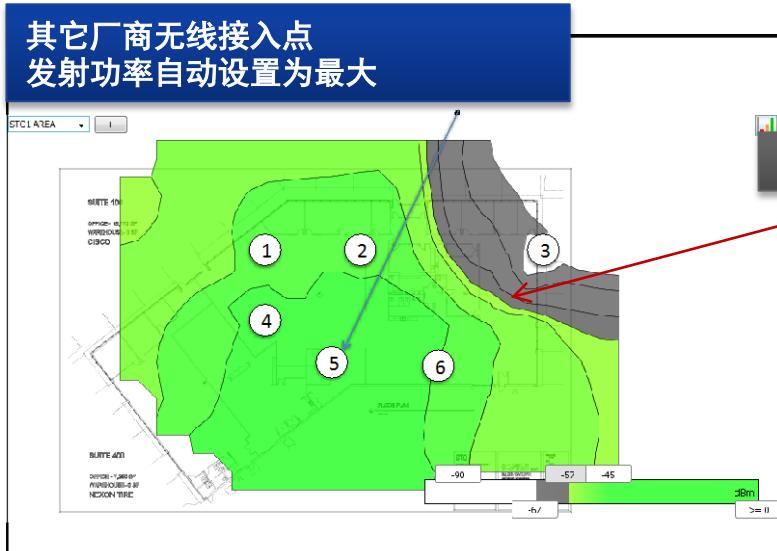
## 智能无线电资源管理



系统通过增加临近接入点的发射功率来填补覆盖漏洞

# 注意：不是所有厂商都能实现这一“简单”的自动化过程

- 6个无线接入点的“简单”测试





WRONG  
WAY

# 部署误区： 忽视客户端能力

# 绝大多数Wi-Fi网络的问题由客户端引起

- 驱动往往是罪魁祸首
- 兼容性（老式客户端无法理解信标帧中的新IE表示）
- 不恰当的客户端配置





# 好的规划设计 从重视客户端开始

# 关于无线客户端的重要建议

- 尽可能提前升级客户端
- 采用双频客户端
- 淘汰802.11b客户端
- 采用和最广泛的客户端厂商进行过深度互操作认证的无线网络产品



- 客户端行为参考资料：
  - [http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/8-0/device\\_classification\\_guide.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/8-0/device_classification_guide.html)
  - [clients.mikealbano.com](http://clients.mikealbano.com)



WRONG  
WAY

# 部署误区： 用峰值吞吐量规划网络

# 用峰值吞吐量规划网络

- 只测试单客户端峰值速率
- 采用更宽的信道
- 忽视客户端自身能力

# 不要混淆吞吐量(Throughput)和数据连接速率(Data Rate)



- 一致的数据连接速率
- 一致的客户端连网能力
- 无介质访问竞争
- 系统开销小



• 吞吐量=物理链路速率

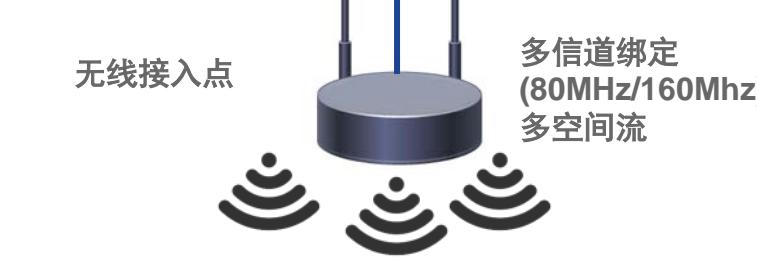
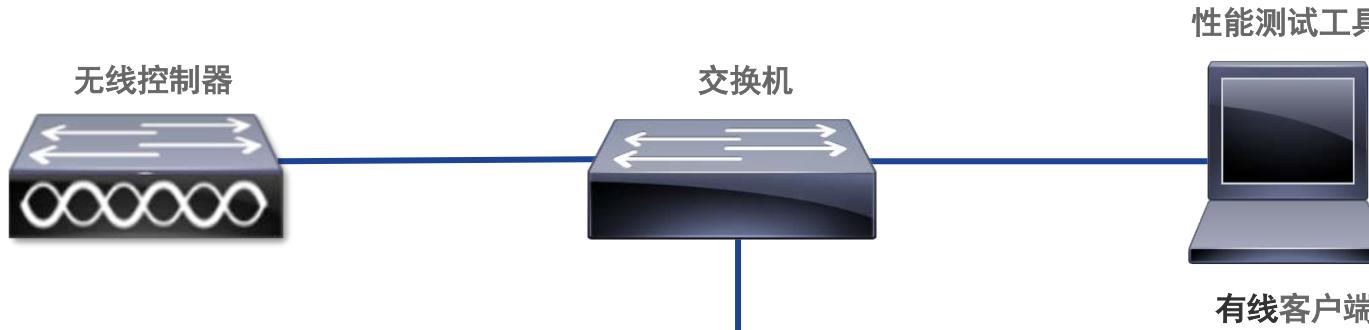


- 数据连接速率自适应
- 客户端连网能力差异大
- 介质竞争
- 系统开销大
  - 主动确认Ack
  - 重传



- 吞吐量!=物理链路速率
- 介质可用时间=吞吐量

# 什么是峰值吞吐量（理想的理论数值）



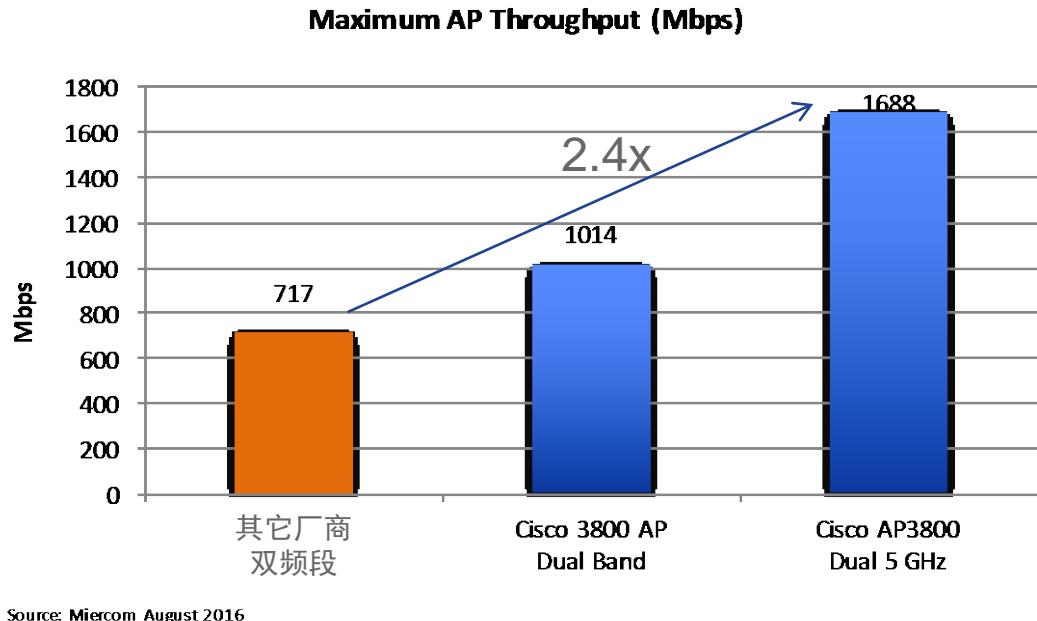
峰值吞吐量=最高数据连接速率  $\div 2$



# 关注无线网络多客户端 真实部署环境性能测试结果

# 单客户端峰值性能对于网络规划设计没有意义

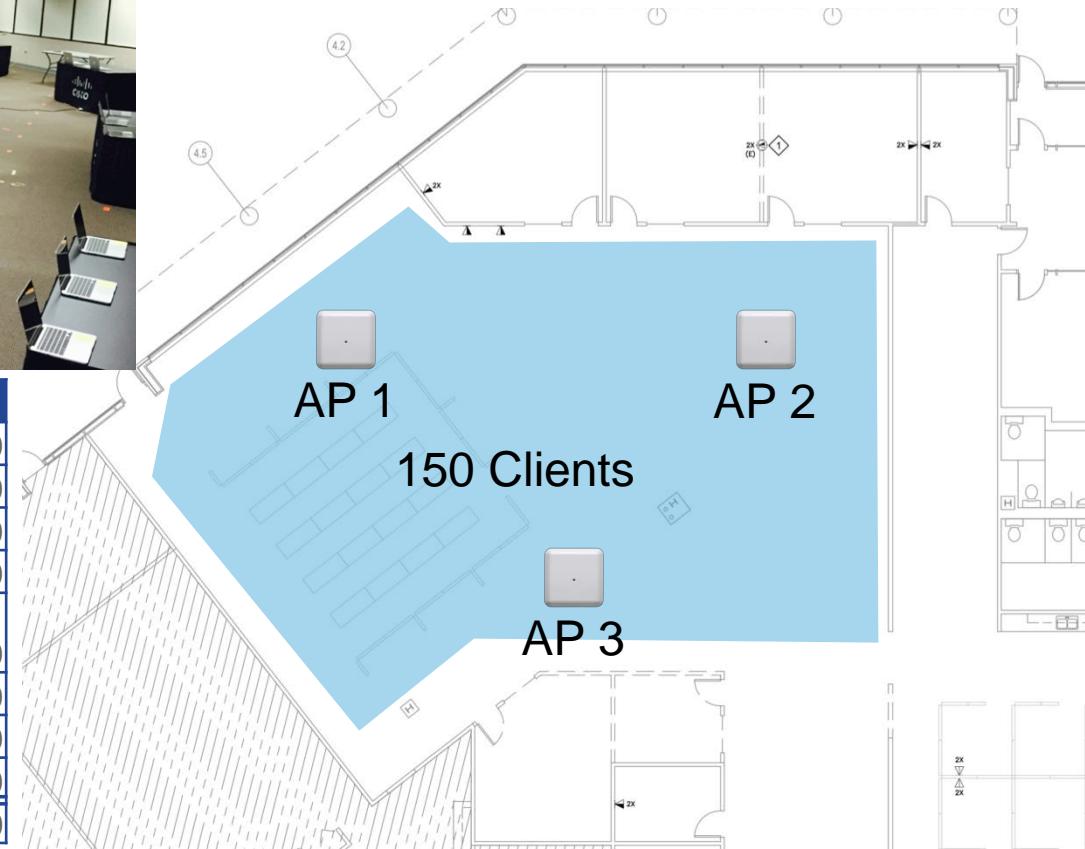
- 单个客户端连接到无线接入点进行性能测试
  - 只是体现了无线接入点的能力
  - 无法作为部署依据
- 无法体现单一信道的覆盖蜂窝内如何提升空口效率
- 无法体现高效信道复用，从而最小化无线接入点之间的空口共享



# 多客户端、多无线接入点的真实部署环境测试



Clients	Type	Protocol	Qty.
MacBook Pro		11ac	40
MacBook Air		11ac	20
MacBook Pro		11n	10
Windows w/ Intel 7260		11ac	30
Windows w/ Broadcom 43460		11ac	10
iPad Air 2		11n	10
iPhone 6		11ac	10
Acer Laptop		11ac W2	20
<b>Total:</b>			<b>150</b>

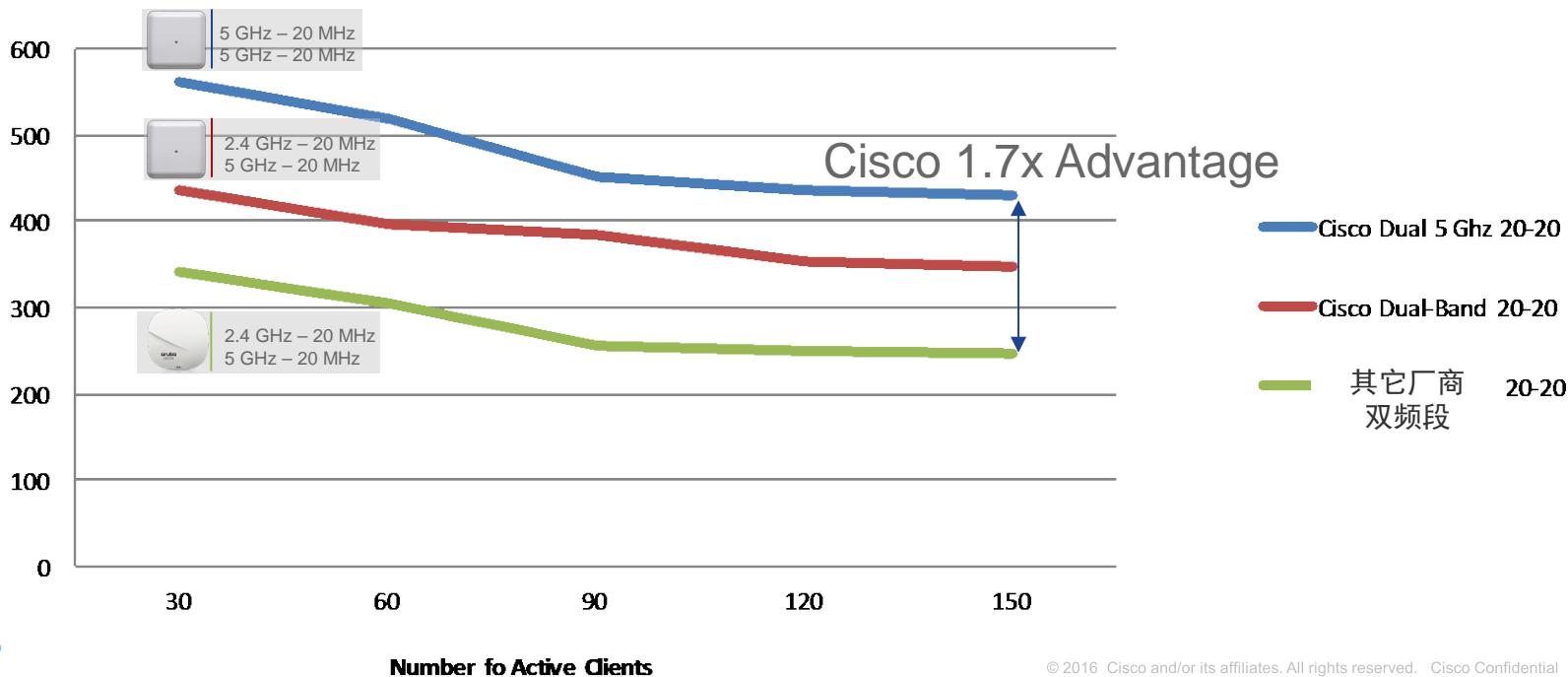


# 多客户端、多无线接入点的真实部署环境测试结果

Multi-Client AP Performance

Cisco 2800 vs 其它厂商

Aggregate Throughput (Mbps)

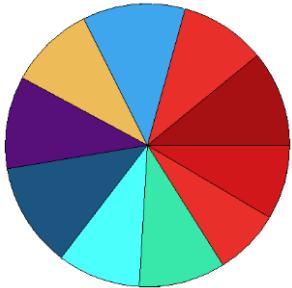


# 性能不是唯一的衡量标准

10 客户端空口公平性

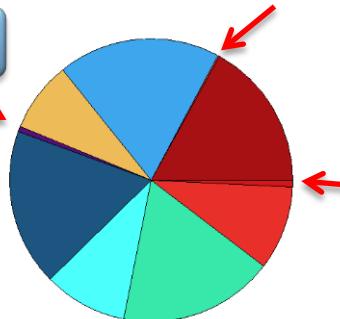


其它  
厂商



All 10 Clients receive their fair-share of bandwidth

Starved Client

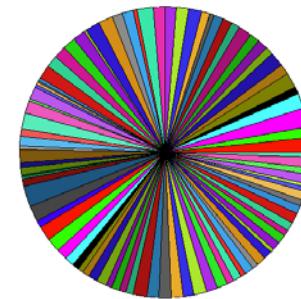


3 out of 10 Clients are starved

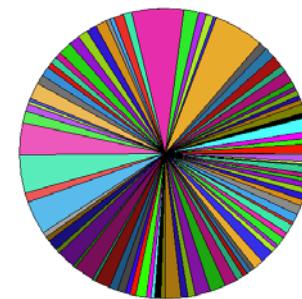
100 客户端空口公平性



其它  
厂商



Even distribution of bandwidth



Uneven bandwidth distribution and starving clients

# 真实部署环境测试结果是设计部署的有力依据

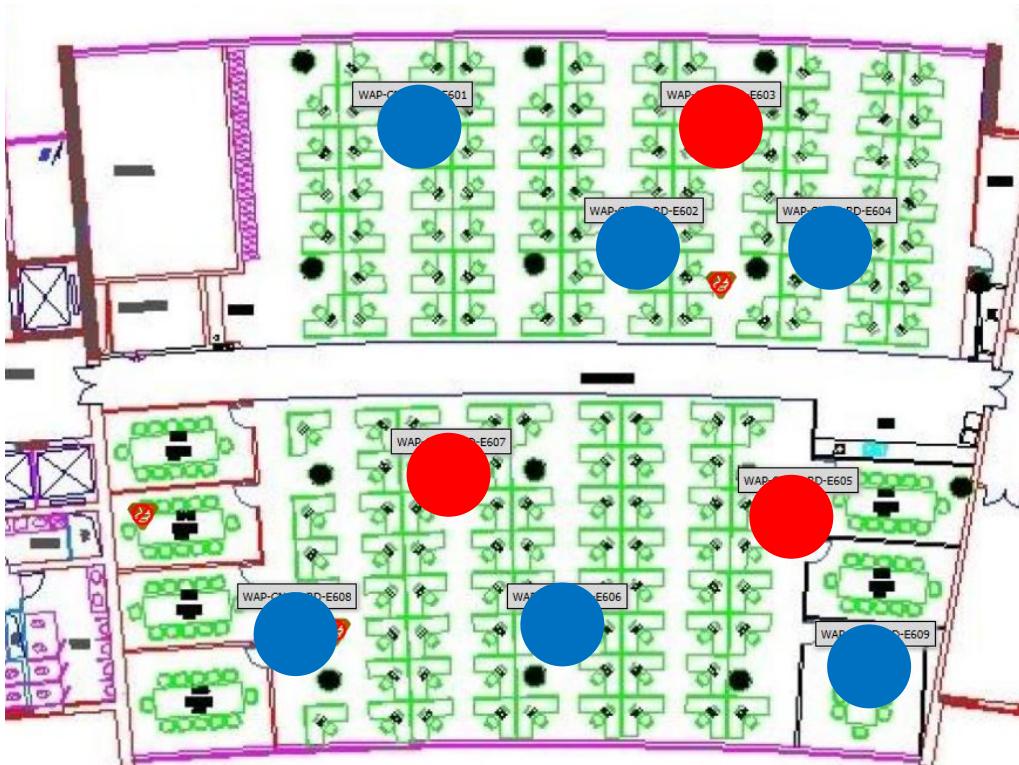
- 第三方机构监督
- 测试结果是否可简单重现
- 测试环境越接近真实部署场景，其测试结果越可靠可信
- 一切不以模拟用户真实部署场景而进行的测试都是要流氓！
- 一个公司测试他产品的方法和水平代表了他们自己产品的真正水平！



**WRONG  
WAY**

# 部署误区： 随意增加无线接入点

# 实际案例分析： 增加部署无线接入点密度就能增加系统容量？



## 问题：

- AP **数量**过多
- AP **间距**较小，部分Ap间距小于5m
- AP点位**位置**欠妥

## 后果：

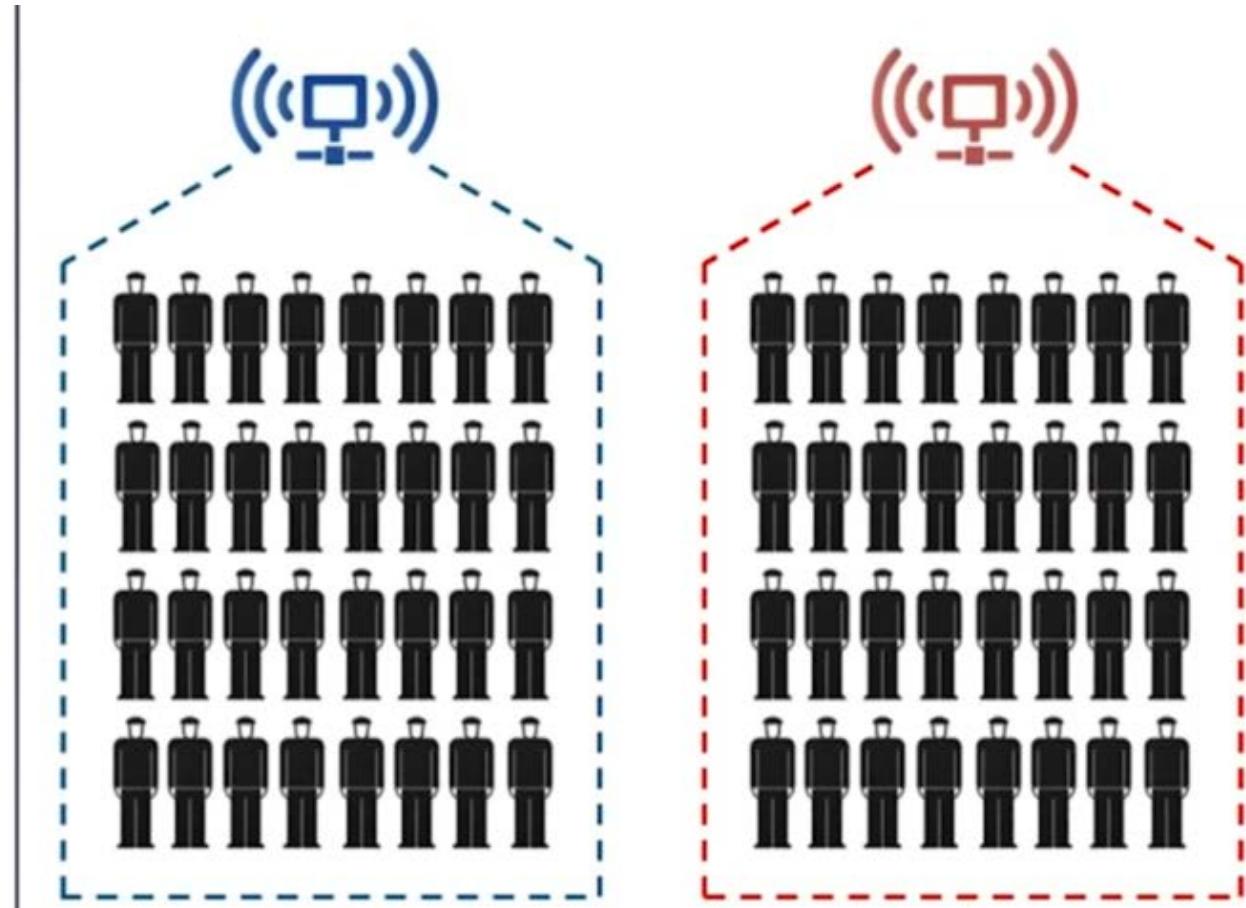
- **同频干扰**严重，频谱利用率居高不下，客户端无法正常传输数据



# 1. 高效信道复用 最小化无线接入点 之间的空口共享

# 信道复用最大化

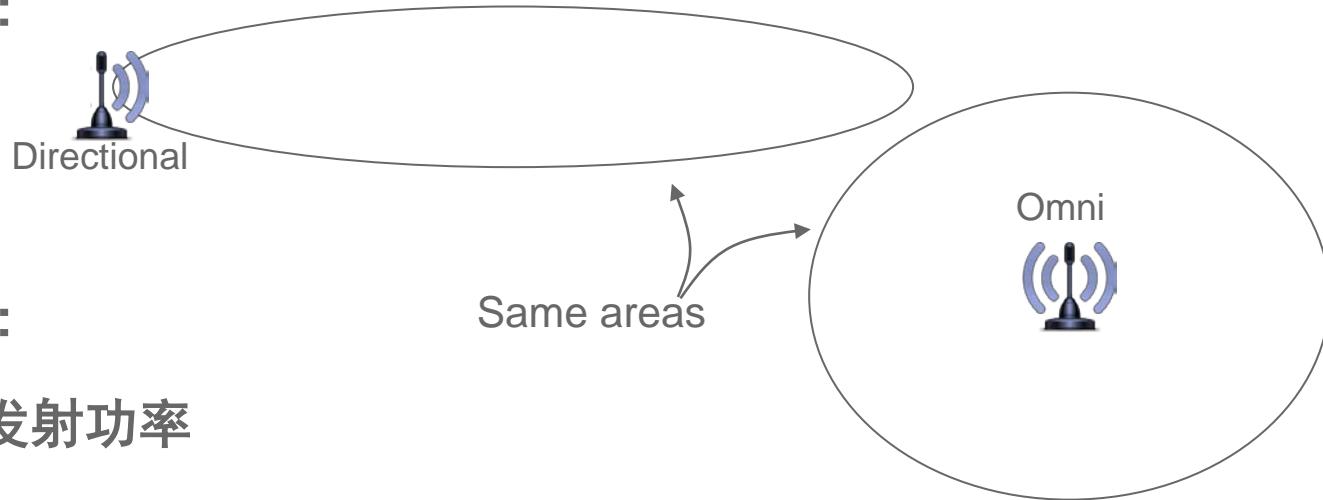
- 减少介质竞争
- 提升空口效率



# 操控无线蜂窝实现信道复用最大化

- 操控蜂窝覆盖方式:

- 定向天线
- 全向天线

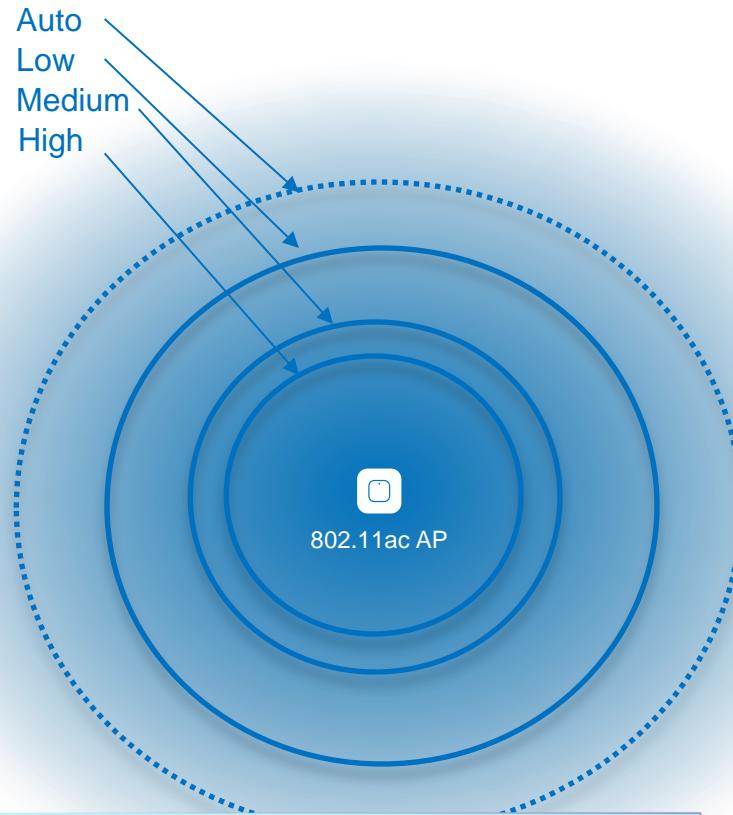


- 操控无线蜂窝尺寸:

1. 无线接入点发射功率
2. 使用的协议(802.11a/b/g/n/ac)
3. 数据连接速率

# 思科RX-SOP

配置接收信号边界  
操控蜂窝尺寸  
高密度部署环境尤其适用

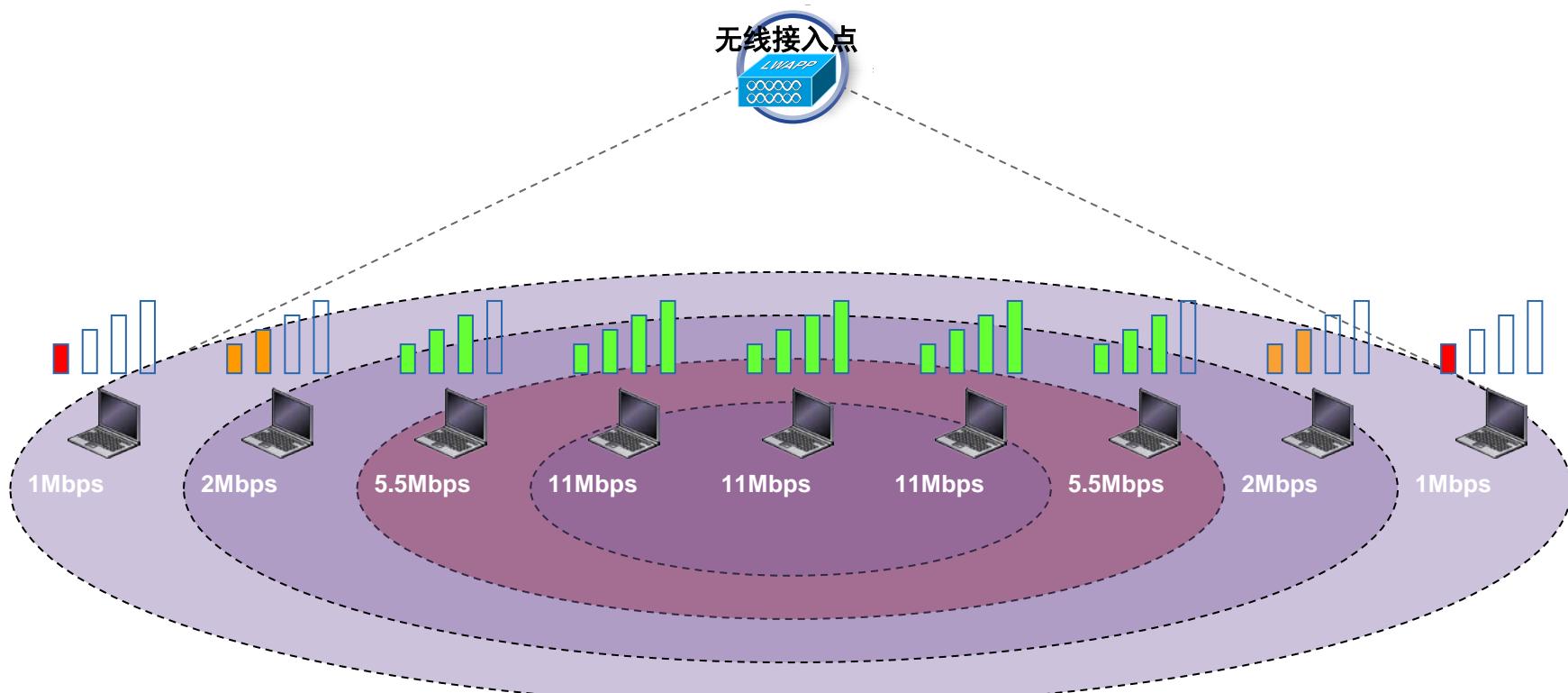


更高的 Rx-Sop 阈值 = 更小的蜂窝尺寸 = 更好的频谱复用



## 2. 单一信道的覆盖蜂窝内 提升空口效率

# 客户端在蜂窝内的数据连接速率转换



# 客户端尽可能以较高的接收信号强度和信噪比关联



高数据连接速率

保持高数据连接速率 = 更少的占用 **空口时间**



**短 距离** = 传输时更小的冲突几率

高效利用空口

低重传风险&低丢包风险

每客户端吞吐量提升

系统汇聚吞吐和容量增加

# 智能波束成形

## Client Link 4.0

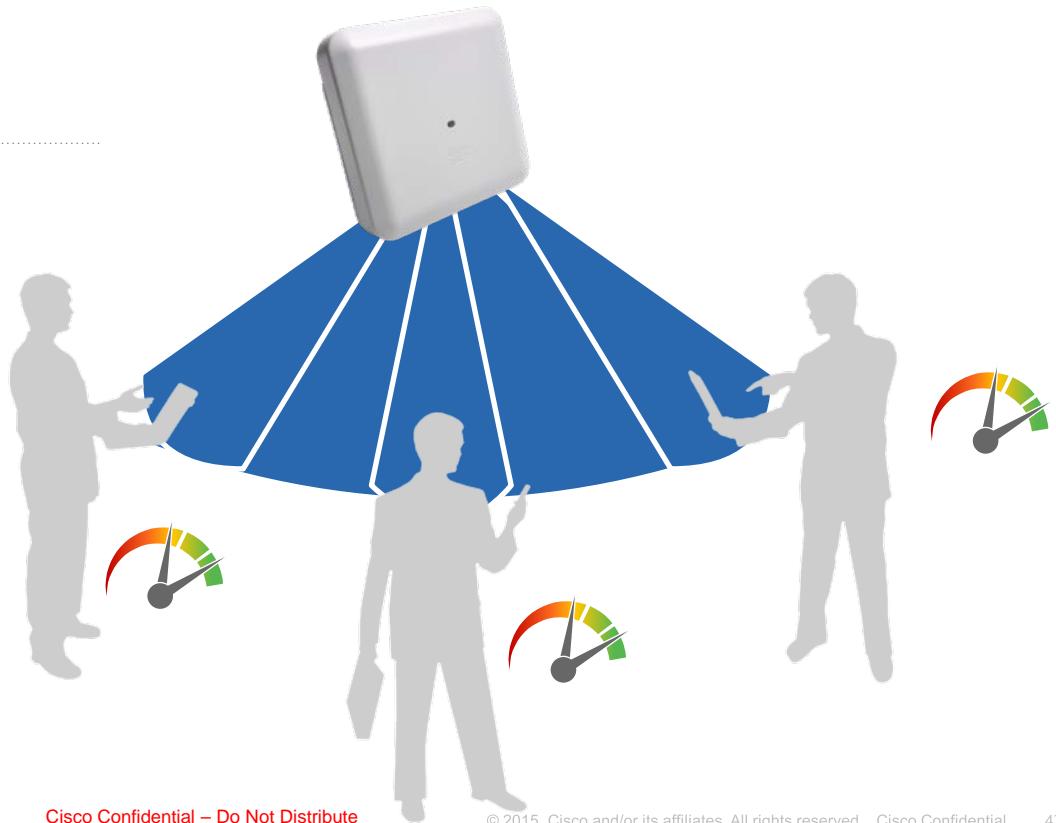
### 改善客户端连接性能

普通第二代802.11ac  
无线接入点: TX beamforming

- 802.11ac Wave 2

思科第二代 802.11ac  
无线接入点: ClientLink

- 802.11a
- 802.11g
- 802.11n
- 802.11ac Wave 1
- 802.11ac Wave 2





WRONG  
WAY

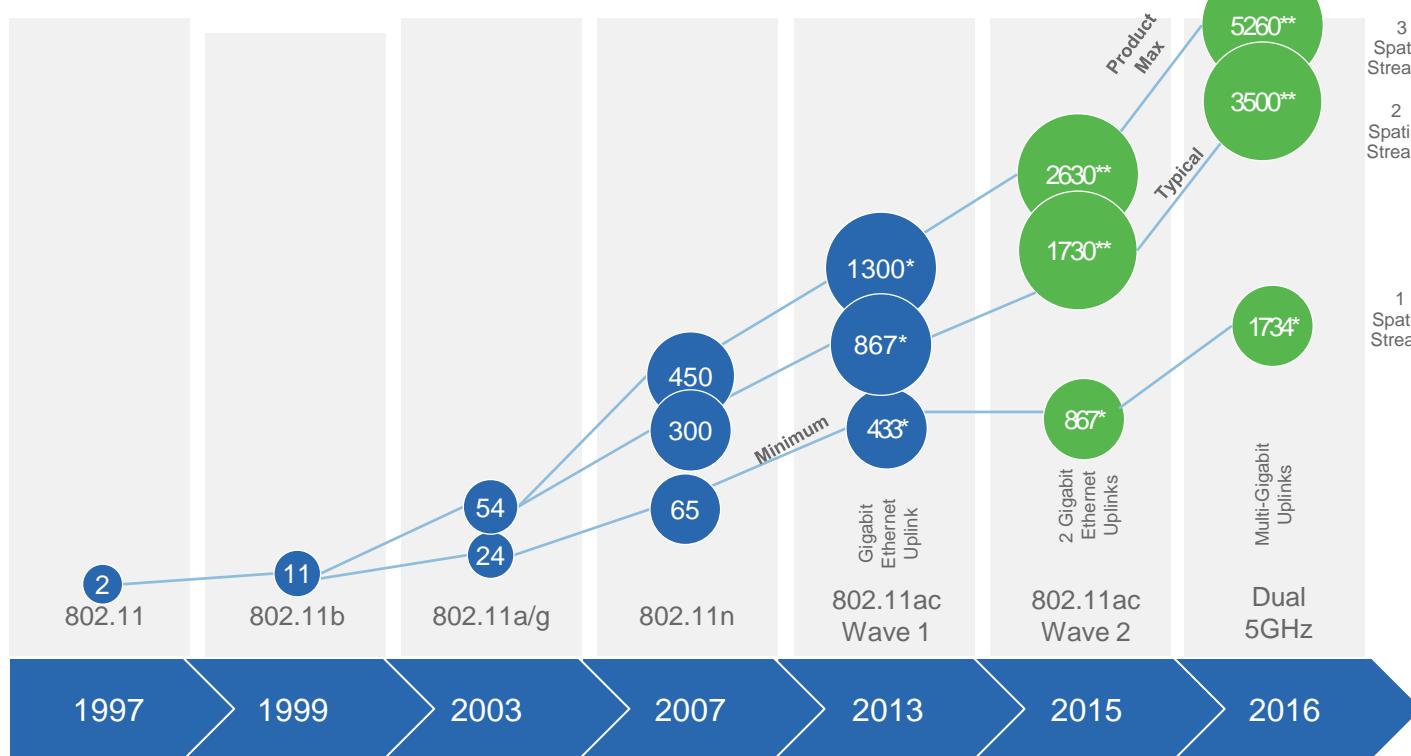
# 常见部署误区



# 常见部署误区

- 802. 11ac解决所有问题?
- 增加信道宽度就会增加容量?

# 千兆无线网络成为主要接入手段



3SS	台式机/笔记本电脑
2SS	笔记本电脑/平板电脑
1SS	平板电脑/智能手机

● = 数据连接速率 (Mbps)  
SS = 空间流

\*假设采用 80-MHz 信道宽度

\*\*假设采用 160-MHz 信道宽度

# 产品是最好的答案吗？

**802.11ac+**  
**MU-MIMO**

+速度提升 

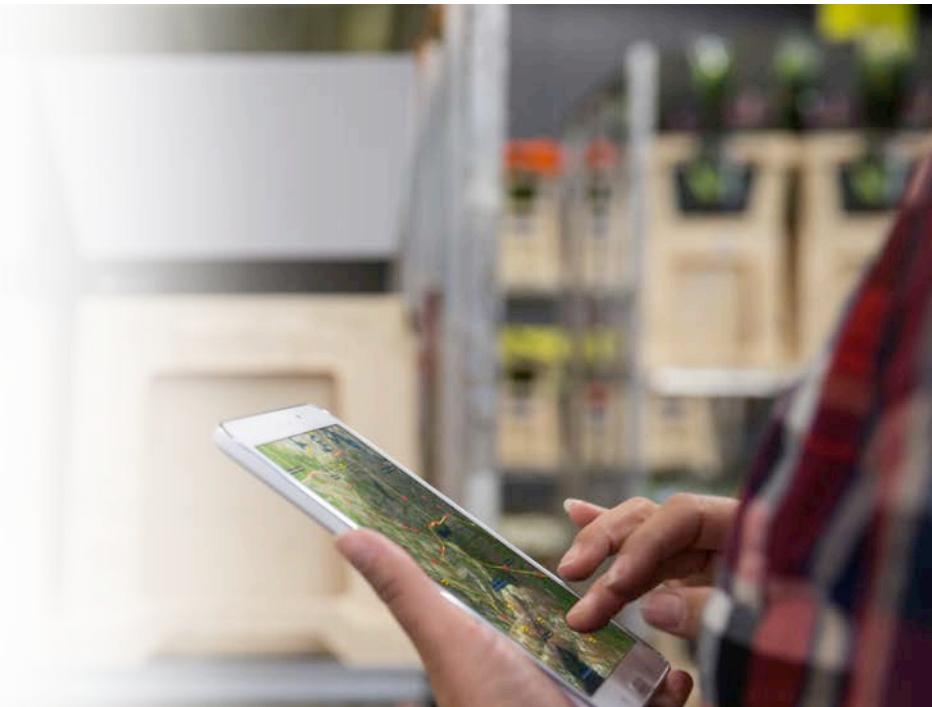
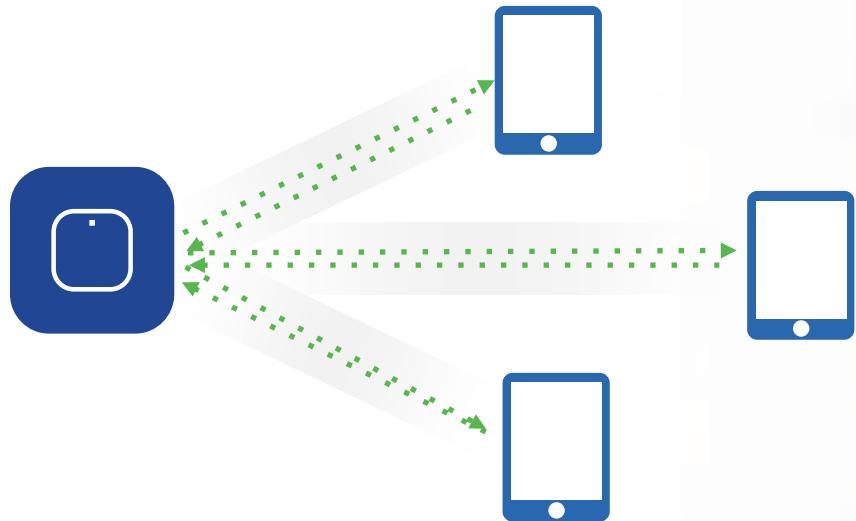
性能提升 

体验提升 ?

# 多用户-多输入多输出提升了系统效率

需要客户端硬件和软件配合

Single User MIMO (SU-MIMO)



终端设备更快连接网络，让更多的终端设备同时被服务

# 多用户MIMO的技术限制

- 需要无线接入点和无线客户端都支持才能工作，下面的组合不能利用MU-MIMO
  - 第一代11ac无线接入点和第二代11ac无线客户端
  - 第二代11ac无线接入点和第一代11ac无线客户端
- MU-MIMO只作用于下行数据流量
- 同时进行MU-MIMO操作的客户端数量小于无线接入点天线的数量
- 客户端位置需要在空间上分离
- 为了组合客户端的传输，一些客户端需要降低数据速率

# 更宽的信道可以提升峰值吞吐量

但是无法提升系统容量和空口效率

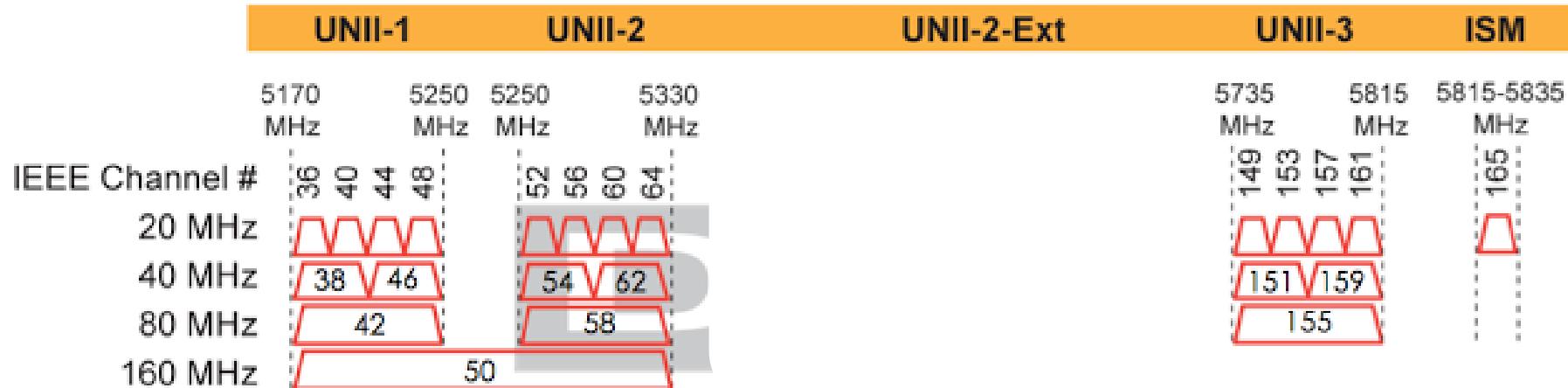
更宽的信道允许更多的流量通过



20–40 MHz

80–160 MHz

# 频谱资源如何规划



- 20MHz信道 13个
- 40MHz信道 6个
- 80MHz信道 3个
- 160MHz信道 1个

# 峰值数据速率 在现实部署中 非常少见

- SNR>25 or 30
- RSSI>-62 or -65

MCS Index - 802.11n and 802.11ac

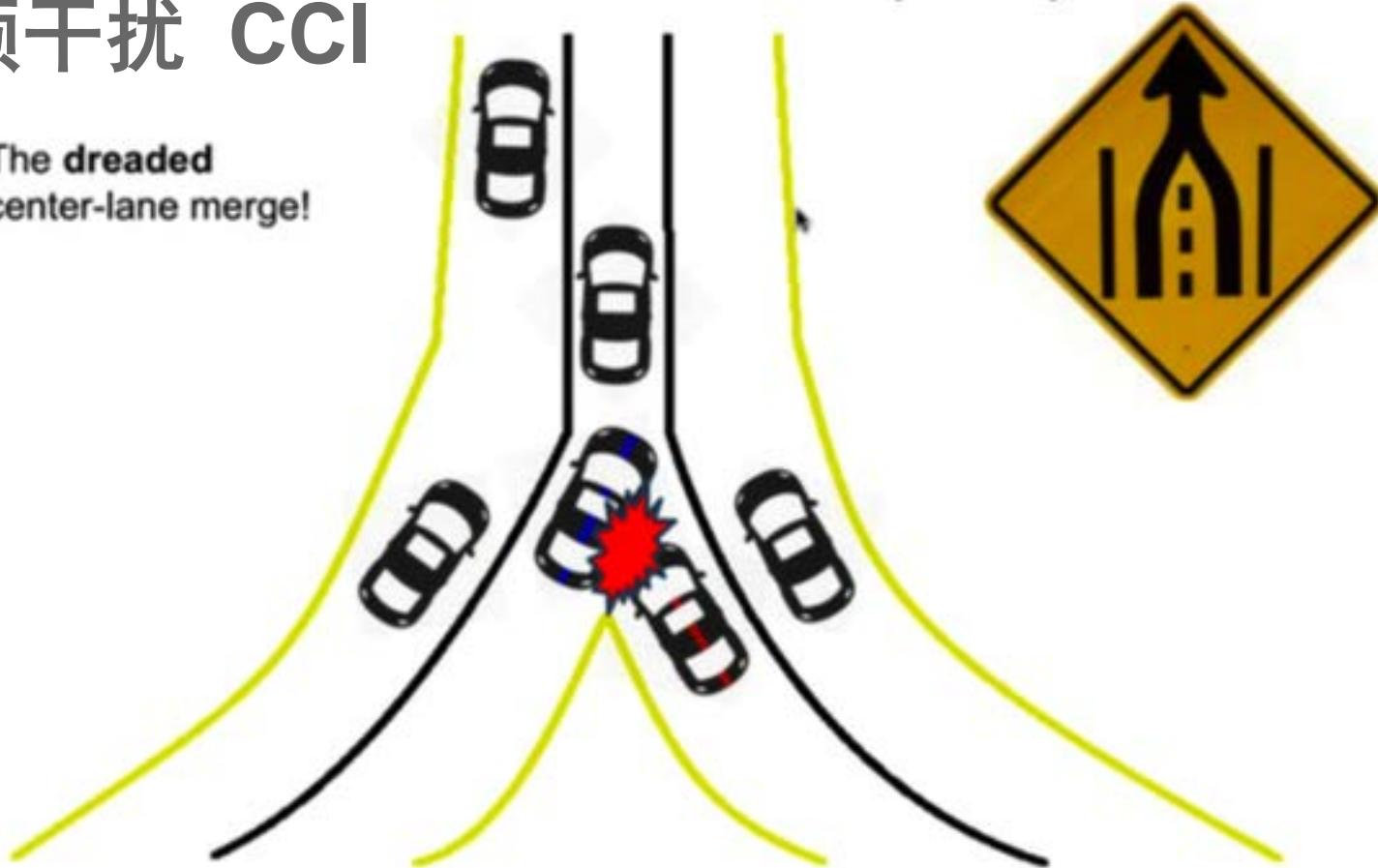
HT VHT					802.11n 802.11ac							
MCS Index	MCS Index	Spatial Streams	Modulation	Coding	20MHz		40MHz		80MHz		160MHz	
					Data Rate No SGI	Data Rate SGI	Data Rate No SGI	Data Rate SGI	Data Rate No SGI	Data Rate SGI	Data Rate No SGI	Data Rate SGI
0	0	1	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65
1	1	1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
2	2	1	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
3	3	1	16-QAM	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
4	4	1	16-QAM	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
5	5	1	64-QAM	2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520
6	6	1	64-QAM	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
7	7	1	64-QAM	5/6	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650
8	1	256-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780	
	1			5/6	n/a	n/a	180	200	390	433.3	780	866.7
9	0	2	BPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
9	1	2	QPSK	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
10	2	2	QPSK	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
11	3	2	16-QAM	1/2	52	57.8	108	120	234	260	468	520
12	4	2	16-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
13	5	2	64-QAM	2/3	104	115.6	216	240	468	520	936	1040
14	6	2	64-QAM	3/4	117	130.3	243	270	526.5	585	1053	1170
15	7	2	64-QAM	5/6	130	144.4	270	300	585	650	1170	1300
8	2	256-QAM	3/4	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560	
	2			5/6	n/a	n/a	360	400	780	866.7	1560	1733.3
16	0	3	BPSK	1/2	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
17	1	3	QPSK	1/2	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
18	2	3	QPSK	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
19	3	3	16-QAM	1/2	78	86.7	162	180	351	390	702	780
20	4	3	16-QAM	3/4	117	130	243	270	526.5	585	1053	1170
21	5	3	64-QAM	2/3	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
22	6	3	64-QAM	3/4	175.5	195	364.5	405	n/a	n/a	1579.5	1755
23	7	3	64-QAM	5/6	195	216.7	405	450	877.5	975	1755	1950
8	3	256-QAM	3/4	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340	
	3			5/6	260	288.9	540	600	1170	1300	n/a	n/a

# 在部署中使用更宽的信道并不现实

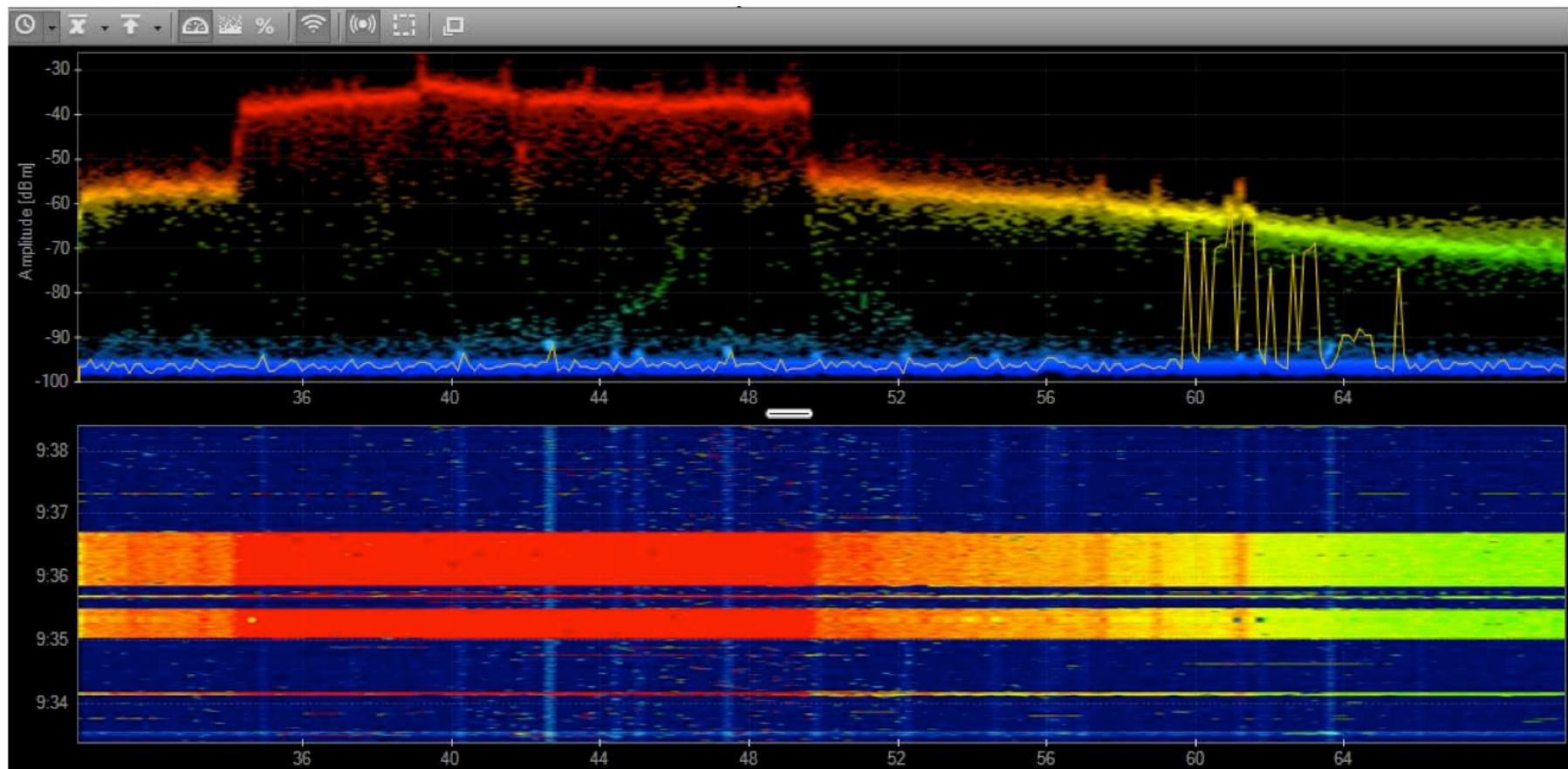
- 实现更宽信道需要频谱资源极为干净
- 信道重用减少，同频干扰增加
- 更宽的信道还会增加邻频干扰几率
- 客户端不支持造成网络使用效率降低

# 同频干扰 CCI

The dreaded  
center-lane merge!



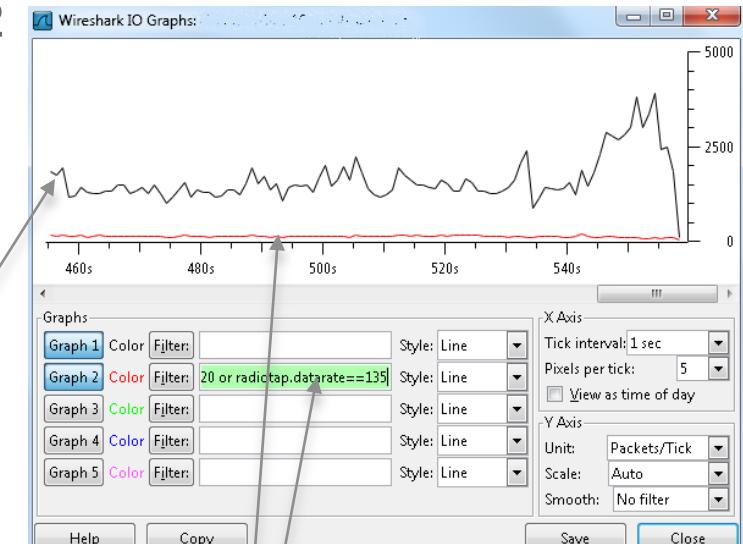
# 邻频干扰 ACI



# 更宽的信道和客户端支持程度相关

- 某大型机场候机楼
- 在每天不同的时间段采用wireshark抓包12次，每次连续10分钟

20 MHz rates



40 MHz rates

- 启用 40 MHz 信道完全是浪费频谱

# 在实际部署中获得更高的调制方式和更多的空间流同样面临挑战

- 需要频谱资源极为干净
- 客户端不支持

# 实际部署中常见的峰值速率

MCS Index - 802.11n and 802.11ac

802.11n 802.11ac

HT MCS Index	VHT MCS Index	Spatial Streams	Modulation	Coding	20MHz		40MHz		80MHz		160MHz		
					Data Rate No SGI	Data Rate SGI							
0	0	1	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65	
1	1	1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130	
2	2	1	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195	
3	3	1	16-QAM	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260	
4	4	1	16-QAM	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390	
5	5	1	64-QAM	2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520	
6	6	1	64-QAM	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585	
7	7	1	64-QAM	5/6	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650	
	8	1	256-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780	
	9	1	256-QAM	5/6	n/a	n/a	180	200	390	433.3	780	866.7	
	8	0	2	BPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
	9	1	2	QPSK	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
	10	2	2	QPSK	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
	11	3	2	16-QAM	1/2	52	57.8	108	120	234	260	468	520
	12	4	2	16-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
	13	5	2	64-QAM	2/3	104	115.6	216	240	468	520	936	1040
	14	6	2	64-QAM	3/4	117	130.3	243	270	526.5	585	1053	1170
	15	7	2	64-QAM	5/6	130	144.4	270	300	585	650	1170	1300
		8	2	256-QAM	3/4	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
		9	2	256-QAM	5/6	n/a	n/a	360	400	780	866.7	1560	1733.3
	16	0	3	BPSK	1/2	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
	17	1	3	QPSK	1/2	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
	18	2	3	QPSK	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
	19	3	3	16-QAM	1/2	78	86.7	162	180	351	390	702	780
	20	4	3	16-QAM	3/4	117	130	243	270	526.5	585	1053	1170
	21	5	3	64-QAM	2/3	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
	22	6	3	64-QAM	3/4	175.5	195	364.5	405	n/a	n/a	1579.5	1755
	23	7	3	64-QAM	5/6	195	216.7	405	450	877.5	975	1755	1950
		8	3	256-QAM	3/4	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340
		9	3	256-QAM	5/6	260	288.9	540	600	1170	1300	n/a	n/a



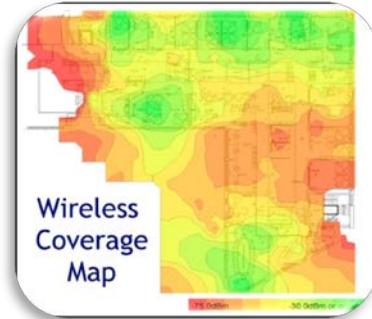
# 802.11ac 最佳部署实践



CISCO

# 部署802.11ac无线网络的最佳实践总结

- ✓ 5.0 GHz 可利用的信道更“干净”，频谱资源更充裕
- ✓ -65 to -67 蜂窝边缘RSSI信号强度值支持数据、语音、视频、定位和高密度接入应用需求，最小信噪比25dB
- ✓ 10-20% 蜂窝覆盖交叠，便于优化漫游和精准定位
- ✓ 各自分离的 SSIDs 由于员工和访客，对访客进行限速
- ✓ 20Mhz信道，监控DFS信道，关闭低数据速率，保持启用所有 MCS 速率
- ✓ 2.4GHz和5GHz使用不同的SSID
- ✓ 802.11 MAC层重传低于15%，总体信道利用率应低于 40%，保持最低信噪比(SNR) 25 dB，丢包率应保持低于 1%，抖动应短于 100 毫秒。
- ✓ 启用802.11r/k/v，启用WMM



## Wi-Fi 信号强度 - RSSI, 客户端至少看到2个无线接入点

- -65 to - 67 = 数据, 语音, 视频, 定位, 高密度接入
- 1 个无线接入点覆盖2,500 平方英尺, 无线接入点之间的距离为40 到 50 英尺
- -68 to - 69 = 数据, 语音, 组播& 单播视频, 定位
- -70 to - 71 = 数据, 单播视频

## 第一代 802.11ac

- 1 cable for GE uplink

## 第二代802.11ac

- 2 cables for GE - LAG
- 1 cable if using mGig

## 线缆类型

- Category 5E or better for GE or mGig



# 高度自动化的 应用最佳实践

# 更多的最佳实践



## BEST PRACTICES (AireOS)

INFRASTRUCTURE	<ul style="list-style-type: none"><li>Enable High Availability (AP and Client SSO)</li><li>Enable AP Failover Priority</li><li>Enable AP Multicast Mode</li><li>Enable Multicast VLAN</li><li>Enable Pre-image download</li><li>Enable AVC</li><li>Enable NetFlow</li><li>Enable Local Profiling (DHCP and HTTP)</li><li>Enable NTP</li><li>Modify the AP Re-transmit Parameters</li><li>Enable FastSSID change</li><li>Enable Per-user BW contracts</li><li>Enable Multicast Mobility</li><li>Enable Client Load balancing</li><li>Disable Aironet IE</li><li>FlexConnect Groups and Smart AP Upgrade</li></ul>	SECURITY	<ul style="list-style-type: none"><li>Enable 802.1x and WPA/WPA2 on WLAN</li><li>Enable 802.1x authentication for AP</li><li>Change advance EAP timers</li><li>Enable SSH and disable telnet</li><li>Disable Management Over Wireless</li><li>Disable WiFi Direct</li><li>Peer-to-peer blocking</li><li>Secure Web Access (HTTPS)</li><li>Enable User Policies</li><li>Enable Client exclusion policies</li><li>Enable rogue policies and Rogue Detection RSSI</li><li>Strong password Policies</li><li>Enable IDS</li><li>BYOD Timers</li></ul>
MESH	<ul style="list-style-type: none"><li>Set Bridge Group Name</li><li>Set Preferred Parent</li><li>Multiple Root APs in each BGN</li><li>Set Backhaul rate to "Auto"</li><li>Set Backhaul Channel Width to 40/80 MHz</li><li>Backhaul Link SNR &gt; 25 dBm</li><li>Avoid DFS channels for Backhaul</li><li>External RADIUS server for Mesh MAC Authentication</li><li>Enable IDS</li><li>Enable EAP Mesh Security Mode</li></ul>	WIRELESS / RF	<ul style="list-style-type: none"><li>Disable 802.11b data rates</li><li>Restrict number of WLAN below 4</li><li>Enable channel bonding – 40 or 80 MHz</li><li>Enable BandSelect</li><li>Use RF Profiles and AP Groups</li><li>Enable RRM (DCA &amp; TPC) to be auto</li><li>Enable Auto-RF group leader selection</li><li>Enable Cisco CleanAir and EDRRM</li><li>Enable Noise &amp; Rogue Monitoring on all channels</li><li>Enable DFS channels</li><li>Avoid Cisco AP Load</li></ul>

# 高度自动化大大减轻部署负担

## 预配置启用的最佳实践

业界顶尖无线网络专家的智慧和实践结晶

满足

~80%

部署场景和使用用例

超过

27

配置集合，以增强性能、  
安全和网络弹性

定制化剩余的

20%

特殊的使用场景

节省时间和成本



无需成为射频专家

关注微信公众号  
了解更多最佳实践

