



Wi-Fi 6: Migration 전략과 Best Practices

전영재 차장

ExtremeNetworks Systems Engineer

802.11ax의 효율성 향상의 기대효과

IEEE 802.11ax Project Authorization Request (PAR)

5.2.b. Scope of the project:

This amendment defines standardized modifications to both the IEEE 802.11 physical layers (PHY) and the IEEE 802.11 Medium Access Control layer (MAC) that enable at least one mode of operation capable of supporting at least four times improvement in the average throughput per station (measured at the MAC data service access point) in a dense deployment scenario, while maintaining or improving the power efficiency per station.

This amendment defines operations in frequency bands between 1 GHz and 6 GHz. The new amendment shall enable backward compatibility and coexistence with legacy IEEE 802.11 devices operating in the same band.

Greenfiled 환경에서 스테이션 당 평균 처리량 ≥ 4 배를 목표:

- No ACI
- No CCI
- No non-WiFi 간섭
- 100% 802.11ax clients



효율성 향상은 천천히 실현

- 802.11a/g/n/ac와 802.11ax 클라이언트의 혼합 환경
- CCI, ACI, non-WiFi 간섭

일반 기업에 11ax 고객을 채용하는 경우 5년 내에 20~50%에 이를 것으로 예상

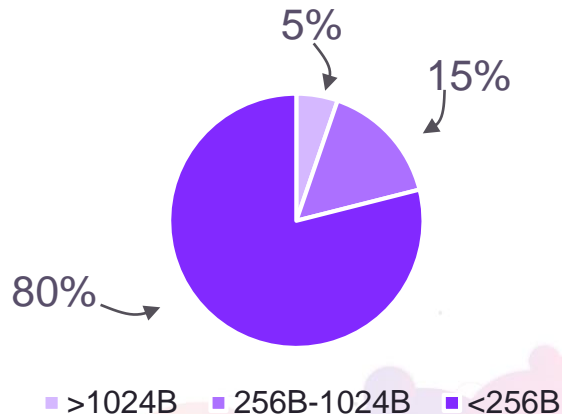
11ax 클라이언트가 추가되는 동안 많은 기존 클라이언트가 유지

WiFi의 주요 문제점

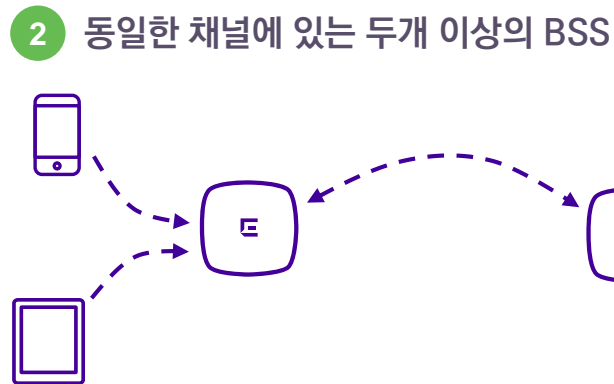
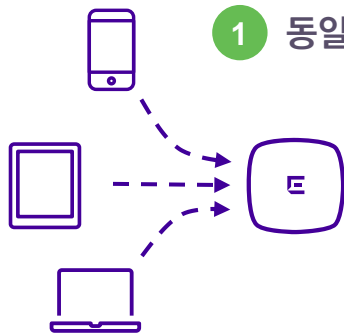
현재 Wi-Fi의 비 효율 요소



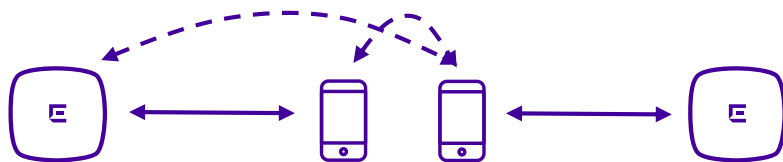
- 지향성 안테나, 너무 높은 출력 및 민감한 수신기로 인한 대규모 경합 도메인 환경
- Contention Domain당 한번에 하나의 전송방식 (half duplex)
 - TxOP를 얻기 위한 오버헤드가 높음
- 채널 사용률이 ~75%에 도달할 경우 Contention으로 인한 포화 상태 발생
 - 재 전송은 Airtime을 많이 차지
- 무선의 대부분의 Frame은 <256B 사용
 - Small Frame으로 인한 성능 저하의 요소



Contention을 유발하는 3가지 상황



3 서로 다른 AP나 인접한 클라이언트의 신호가 수신 가능한 두개 이상의 BSS 클라이언트



클라이언트 Contention 경계

클라이언트 장치의 출력은 AP의 출력보다 높은 경우가 많음

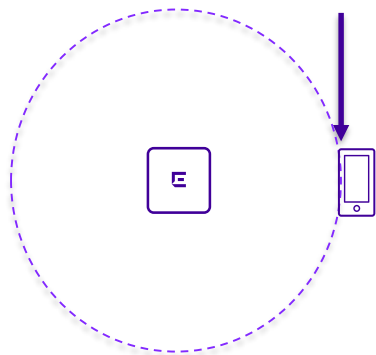
Model	EIRP 2.4 GHz	Worst* EIRP 5 GHz
Iphone 6S	14.8 dBm	10.3 dBm
Ipad 4	15.2 dBm	22.67 dBm
Samsung S7	14.8 dBm	10.14 dBm
Samsung S4 tab	12.05 dBm	11.24 dBm
Samsung S6	13.5 dBm	10.66 dBm
HTC One	14.4 dBm	13.8 dBm
Nokia Lumia 1520	13.1 dBm	11.6 dBm
ASUS PCE-AC66	22 dBm	22.83 dBm

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

AP 사용 가능 범위
(Per Client) -65dBm

AP 경합 경계
(Per Client). ~ 4dB SNR

클라이언트 경합 경계
(Per Client) ~ 4dB SNR

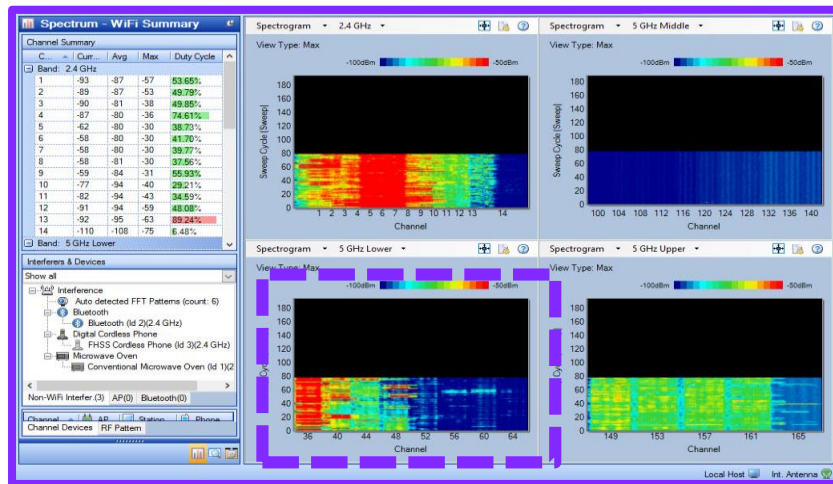


기존 Wi-Fi의 효율성 달성 방안

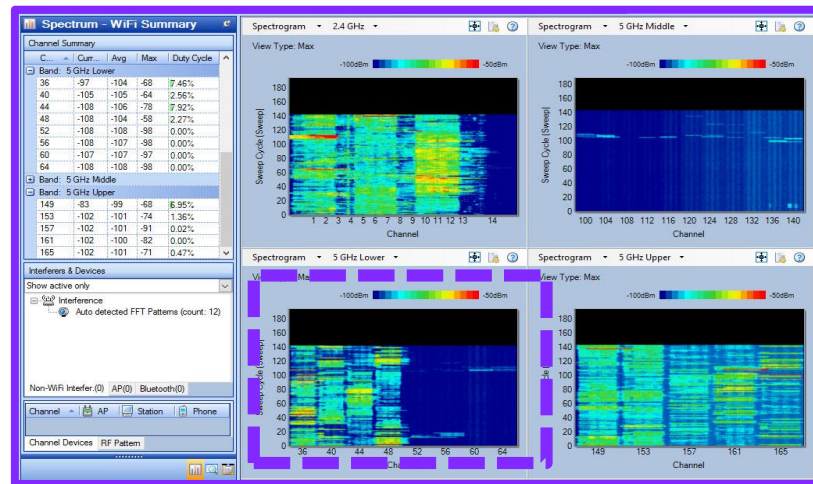
좁은 채널의 사용

Contention Domain이 늘어나면 효율성이 향상되어 단일 클라이언트당 Throughput이 증가함

BEFORE



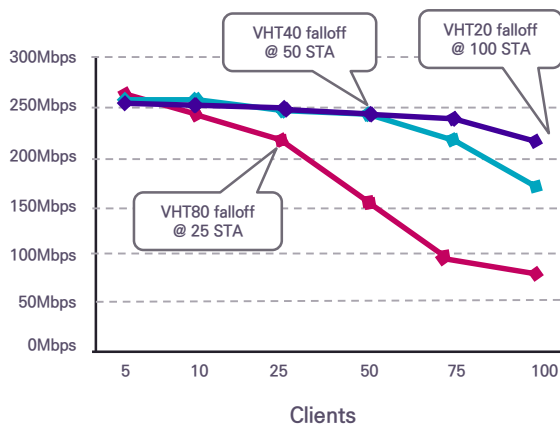
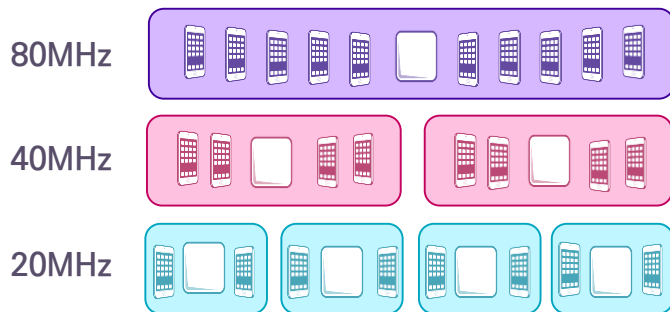
AFTER



- Primary 20MHz 채널은 Control, Mgmt, Data용으로 사용 됨
- Primary와 Secondary 채널은 MCS 데이터에 사용
- Wide 채널을 사용하게 되면 Primary 20MHz의 사용률이 높아지고 채널 사용에 대한 비효율성을 보임



Contention Domain의 분리



VHT80 (1 AP)

100 clients – 1x1:1
Data Rate: 433Mbps
Aggregate Throughput: 80Mbps
Per-client Throughput: 0.8Mbps

VHT40 (2 APs)

100 clients – 1x1:1
Data Rate: 200Mbps
Aggregate Throughput: 175Mbps
Per-client Throughput: 1.75Mbps

VHT20 (4 APs)

100 clients – 1x1:1
Data Rate: 87Mbps
Aggregate Throughput: 220Mbps
Per-client Throughput: 2.2Mbps

출처 : <http://divdyn.com/wi-fi-throughput/>

OFDMA 동작 방식

What is 802.11ax OFDMA?

802.11n and 802.11ac (fast)

단일 차선 고속도로



802.11ax (efficient)

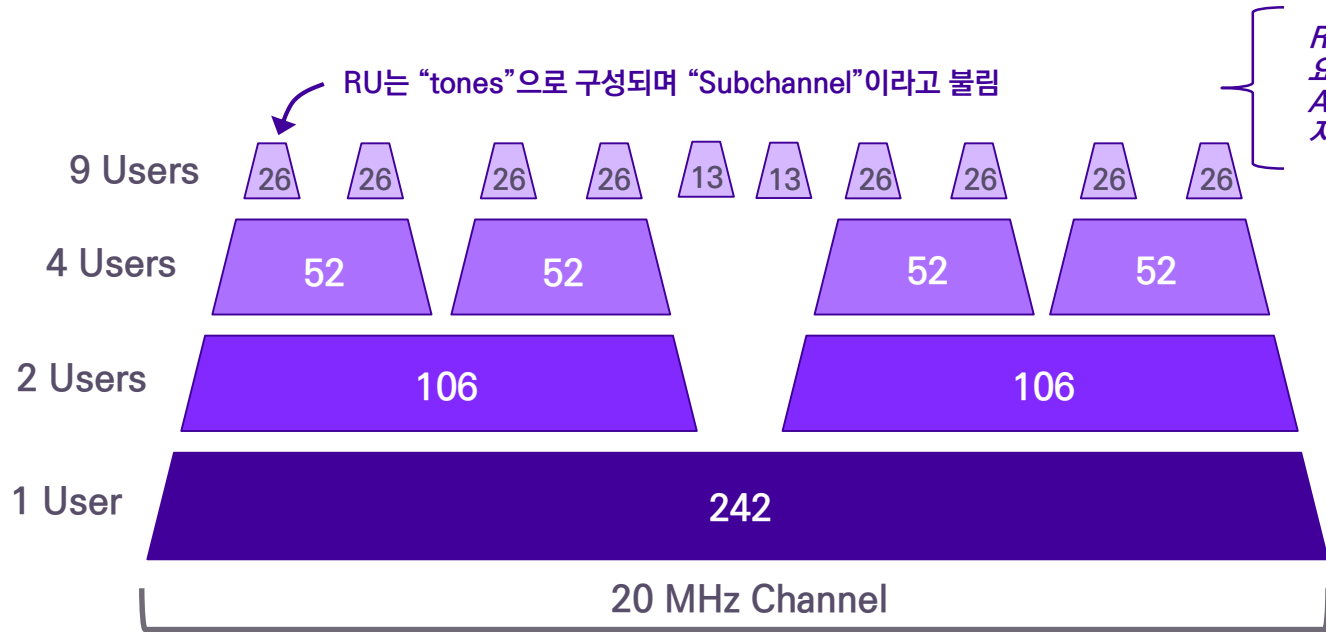
유연한, 다 차선 고속도로



PHY Comparison

	802.11n	802.11ac	802.11ax
Channel Size (MHz)	20, 40	20, 40, 80, 80 + 80 & 160	20, 40, 80, 80 + 80 & 160
Subcarrier Spacing	312.5 KHz	312.5 KHz	78.125 KHz
Symbol Time (max)	4 μ s	4 μ s	16 μ s
Frequency Multiplexing	OFDM, HT-OFDM	OFDM, HT-OFDM	OFDM, HT-OFDM, & OFDMA
Modulation	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM
MU-MIMO	N/A	Downlink	Downlink & Uplink
Spectrum Bands	2.4GHz & 5GHz	5GHz	2.4GHz & 5GHz

Resource Units



RU는 Station의 어플리케이션 요구 사항을 수용하기 위해 AP의 UL/DL에서 사이즈를 지정

- 채널은 가장 작은 ~ 2MHz (26 톤)의 채널로 구성됨
- RU는 AP에 의해 스케줄되며 TxOP 단위로 형식화
- DL-OFDMA 및 UL-OFDMA와 결합 될 수 있고 UL/DL MU-MIMO와 결합 지원
- 하나의 사용자에게만 RU를 할당

레저시 클라이언트 디바이스를 제거하는것은 11ax의 효율성 향상에 High Priority.



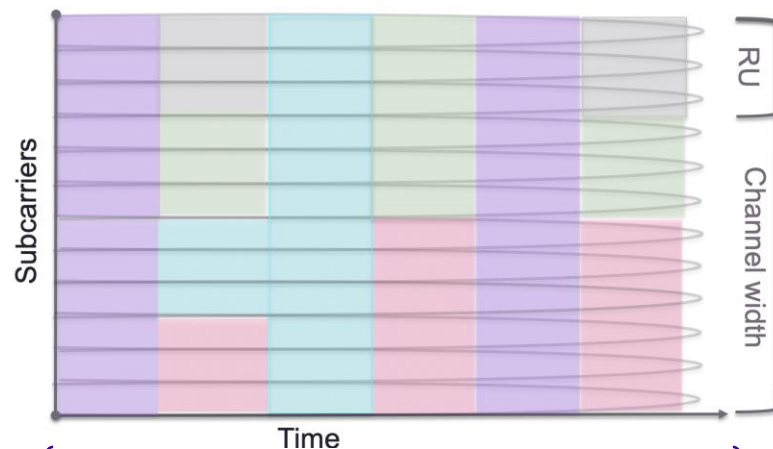
주요 개선 사항 : OFDM → OFDMA

- OFDMA는 wave1 11ax의 주요 개선 사항
 - AP는 20MHz 채널 당 최대 9 개의 클라이언트에 대해 다운 링크 전송 가능
 - AP는 20MHz 채널 당 업 링크를 전송하기 위해 최대 9 개의 클라이언트를 트리거 가능

OFDM (11a/g/n/ac)



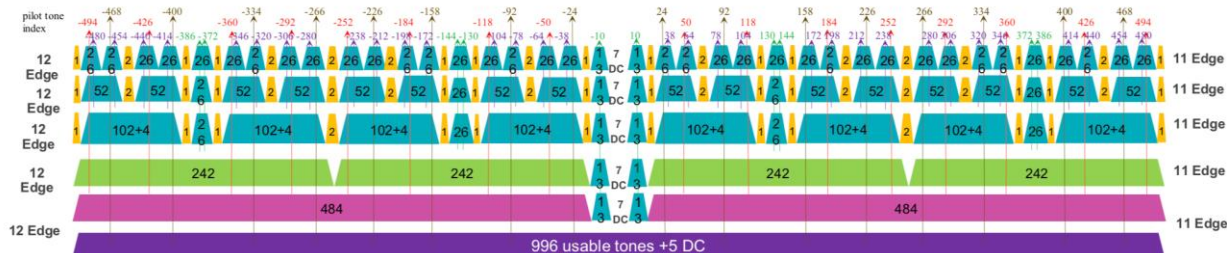
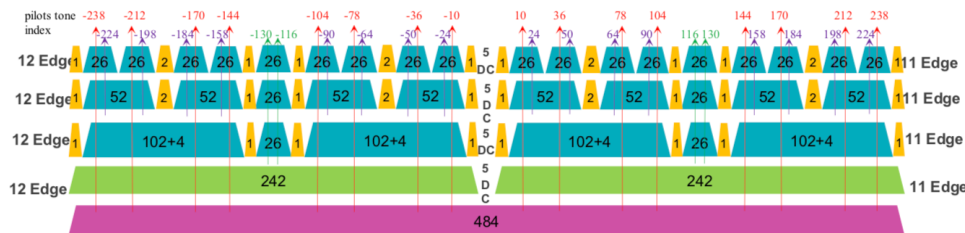
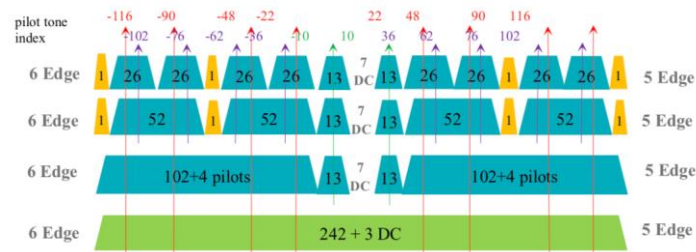
OFDMA (11ax)



- Resource Units (RUs)은 별도의 Contention Domain (“sub-channels”)에서 동작

채널 Width에 따른 Subcarriers

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



System Throughput

More Contention Domains = More Capacity

80MHz Channel



High data rates

One simultaneous transmission

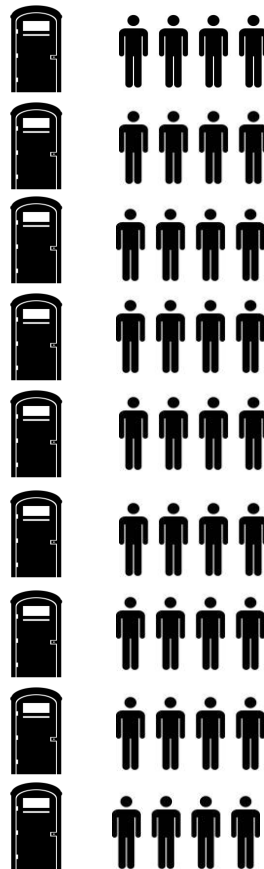
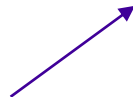
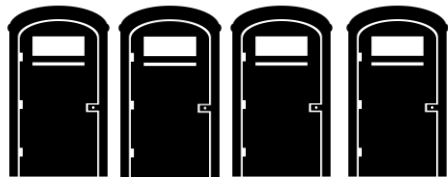


20MHz Channels



Medium data rates

One simultaneous transmission per 20MHz



26-tone RUs
(~2MHz each)
on a 20MHz
Channel

Low & variable data rates

≤ 9 simultaneous transmissions per 20MHz

Per-channel Airtime Consumption

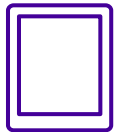
Example : 11ac radio, Client RSSI -67 dBm, 간섭이 없는 5GHz 환경, 20MHz 채널.

Note: 75-80% airtime 사용률에 채널이 포화되며 프로토콜의 오버헤드로 100% 사용률은 달성 불가능



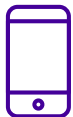
3x3:3 Laptops

2M each @ 50 devices = ~100M
3M each @ 33 devices = ~100M
4M each @ 25 devices = ~100M



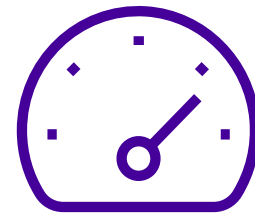
2x2:2 Tablets

2M each @ 32 devices = ~65M
3M each @ 21 devices = ~65M
4M each @ 16 devices = ~65M



1x1:1 Smartphones

1M each @ 30 devices = ~30M
2M each @ 15 devices = ~30M
3M each @ 10 devices = ~30M



75-80%

UTILIZATION

대부분의 Wi-Fi 디자인은 1SS 및 2SS 클라이언트의 50:50 환경으로 디자인.

3SS 클라이언트는 대부분의 기업에서 극히 소수에 불과

Backhaul Speed

1Gbps는 현재 실제 엔터프라이즈에서 11ax AP에서 필요한 Backhaul Speed

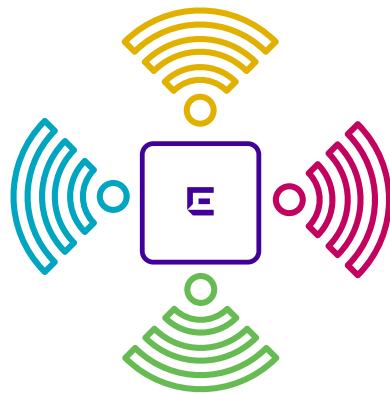
- 레거시 클라이언트와 혼재된 환경에서의 11ax AP의 처리량에 대한 오해가 있음



- 잘 설계된 혼합된 클라이언트 환경에서 실질적인 최대 단일 AP 처리량은 30-65 Mbps
- 이는 주로 클라이언트 스펙 및 채널 경합에 따른 결과이며, WNMS 또는 컨트롤러를 모니터링하여 확인 가능

Dual 5GHz

- Dual 5GHz (D5G) AP는 3가지 유형으로 존재
 - 5GHz + 5GHz/2.4GHz (2-radio)
 - 5GHz + 5GHz + 2.4GHz (3-radio)
 - 5GHz + 5GHz + 2.4GHz + Scanner (4-radio)
- Client steering 메커니즘이 필요
 - 11ax 클라이언트와 11a/n/ac 클라이언트를 분리하는데 사용
 - 1개의 11ax 라디오는 11ax 클라이언트용으로 구성
 - 다른 1개의 11ax 라디오는 High data rates를 위해 사용(11ac 클라이언트)
- D5G를 통해 DFS/non-DFS 채널로 구성
- 3/4 radio AP는 다양한 디자인이 가능하지만, 높은 전력 사용량을 요구



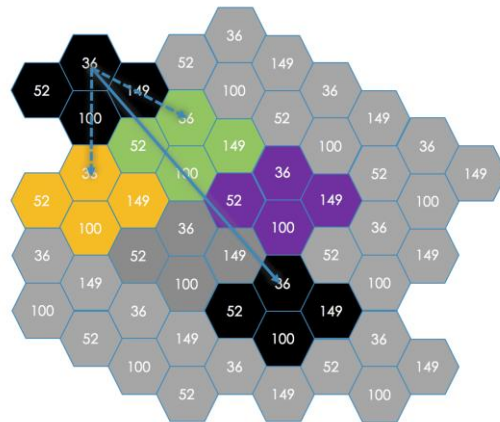
11ax의 Unproven Features

일부 입증되지 않은 11ax 기능

- MU-MIMO
 - 11ac에서는 과도한 프로토콜 오버 헤드와 복잡성을 보여줌
- BSS Coloring
 - 11ax 디바이스에서만 동작함
 - 레거시 클라이언트와 혼합 환경으로 구성될 경우 레거시 클라이언트의 성능 저하 요소
- Preamble Puncturing
 - Pri / Sec OBSS 문제 해결에 도움이되는 기능
- Target Wake Time
 - 11ax 클라이언트에서 이 기능을 이용
 - 802.11a와 함께 IoT 용으로 만들어졌지만 현재까지 널리 사용되지 않음

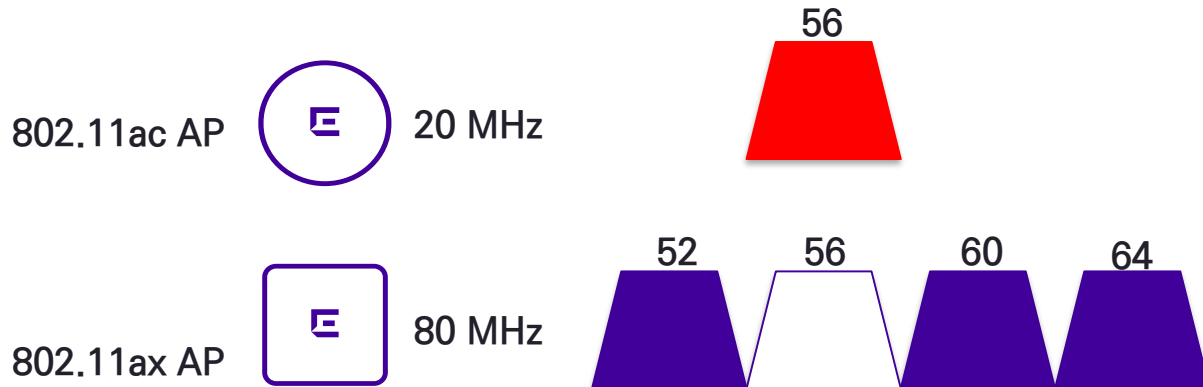
BSS Coloring

- BSS Coloring은 OBSS(overlapping basic service sets)을 식별하고 처리하기 위한 11ax의 기능
- BSS Coloring은 수치화 된 (“color”) 값으로 구성됨
- 11ax 라디오는 다른 라디오에서 동일한 채널을 통해 전송될 때 BSS Color를 통해 구별
- 밀집된 클라이언트 환경에서 클라이언트의 처리 용량을 늘리기 위한 기능
- BSS Coloring과 함께 Wide 채널을 사용:
 - 동일한 채널/동일한 색상 간격이 중요한 요소임으로 11ax 디바이스만 있는 환경에서는 넓은 채널의 사용이 효율성을 극대화
 - 하지만, 802.11ac → 802.11ax 클라이언트 디바이스로의 전환이 고려 요소



Preamble Puncturing

- 80MHz 채널을 통해 전송되는 802.11ax AP는 채널 56에서 OBSS와 관련된 주변 AP 또는 클라이언트 장치를 들을수 있음
 - Preamble Puncturing이 활성화되면 802.11ax AP는 80MHz 채널을 지연시키지 않고 Puncturing 함
 - 802.11ax AP는 근처의 라디오로부터의 전송으로 인해 이미 사용중인 Secondary 주파수 공간을 제외하고 나머지 80 MHz 채널을 통해 전송
- Preamble Puncturing을 사용하기 위해서는 ax AP와 ax 클라이언트에서 모두 지원되어야 함
- 80MHz 또는 160MHz는 Secondary 채널에서 Puncturing 됨

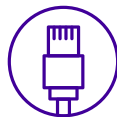


802.11ax Target Wake Time (TWT)

- 802.11ax는 Target Wake Time (TWT)이라는 새로운 절전 기능을 추가
 - 클라이언트와 AP 간의 예상 트래픽 활동을 기반으로 협상된 정책을 사용하여 클라이언트, 웨이브 플로우 (≤ 8)마다 웨이크 업 시간을 지정
 - AP가 트래픽 양을 조절하여 클라이언트 장치간의 경쟁 양을 제어하고 클라이언트 장치의 배터리 소비를 줄임
 - 802.11ax는 협상되지 않은 "Broadcast TWT"를 포함하여 모든 클라이언트가 동시에 깨어나도록 TWT 기능을 확장
- 클라이언트는 Association 해제 없이 수 시간 동안 Sleep이 가능해짐
 - wake-up 시 DHCP lease를 피하기 위해 Static IP에 대한 설정도 고려 필요

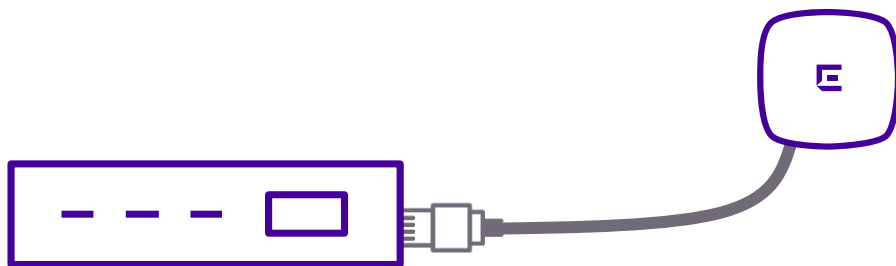


Migration Tips and Best Practices



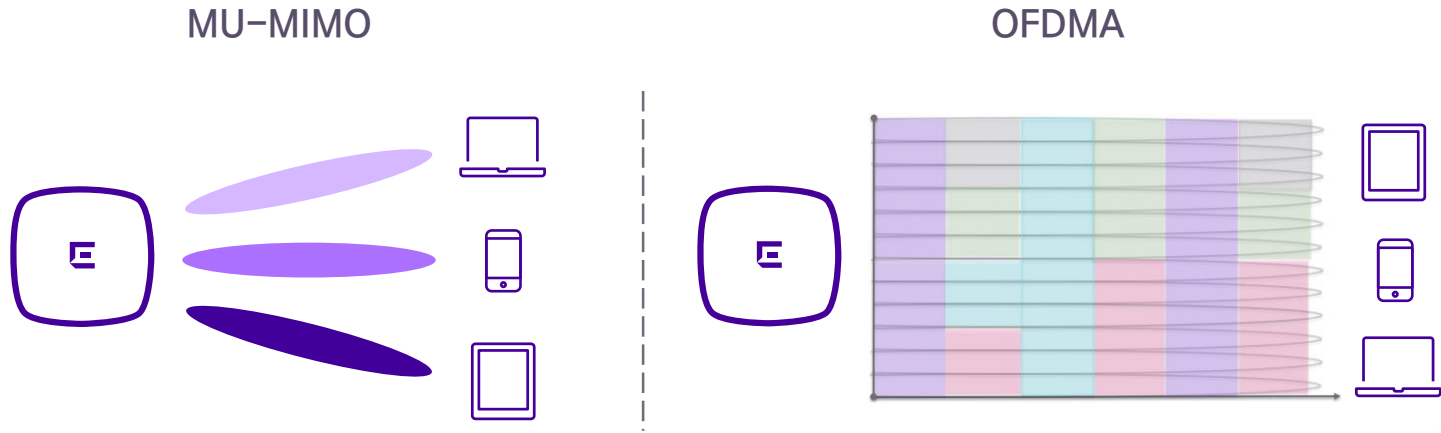
케이블링과 PoE 요구사항

- 대부분의 듀얼밴드 4x4:4 AP는 802.3at (PoE+) 내에서 작동
- 8x8:8과 3-radio AP는 802.3bt(PoE++)를 요구
 - Type 3 = 60W, Type 4 = 90W
- PoE++로 케이블의 온도가 올라감으로 Cat6 케이블 연결을 권장



Disabling Features

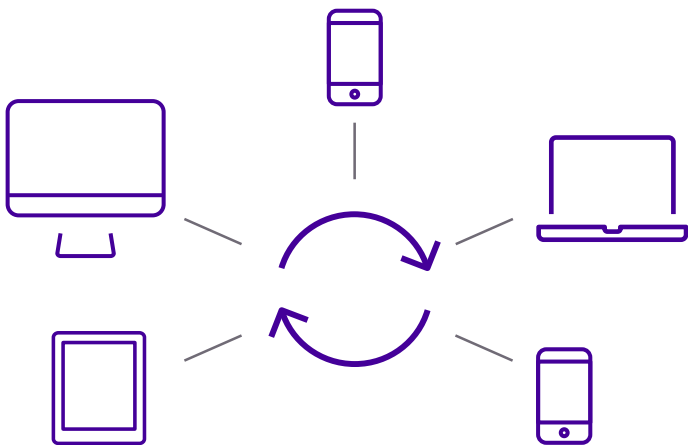
- Disable TxBF 및 MU-MIMO
- Enable OFDMA:
 - 파일럿 테스트 후 (호환성 확인을 위해)
 - 충분한 11ax 클라이언트가 있는 환경





레거시 클라이언트 – Get Rid of Them ASAP

- 11ax 네트워크에서 "레거시"는 11a / b / g / n / ac로 정의
- 레거시 디바이스는 11ax의 효율적인 사용을 저해
- 이미 배포 된 수십억 개의 기존 클라이언트 장치가 활성화 되어 있음



11ax 클라이언트로
빨리 업그레이드할수록
더 빨리 혜택을 볼 수
있습니다.

11ax 인프라로 언제 업그레이드해야합니까?



UPGRADE

- 802.11a / b / g / n을 사용하는 경우
- 기존의 11ac 무선랜 인프라가 EOL 됨
- 예산이 있는 경우
- 클라이언트 장치를 11ax로 빠르게 업그레이드 할 예정일 경우

WAIT

- 예산이 없는 경우
- 11ac 활용이 미흡하거나 11ax 사용 사례가 없는 경우

IF YOU ARE WAITING, consider upgrading to:

- PoE+ / PoE++ 스위치 및 Cat6 케이블링
- 더 나은 WNMS, 컨트롤러 및 분석 솔루션
- NAC 및 Location Solution



Same Configuration Best Practices Still Apply

- Contention이 없거나 최소화 하는 가능한 한 많은 채널을 사용
 - 일반적으로 엔터프라이즈에서 20MHz 채널을 사용하는 것을 의미
- 12Mbps Minimum Basic Rate (MBR)
- LCMI (Least Capable, Most Important) 디바이스의 셀 경계에서 -65dBm으로 설계
- 가능한 경우 DFS 채널 사용
- 가능한 한 CCI, ACI 및 Pri / Sec OBSS 회피할수 있도록 설계
- 설계 프로세스의 일부로 용량 계획 추가
- 중요한 트래픽을 5GHz로 유지
- 한개의 라디오에 최대 5 개의 SSID 이내로 구성
- 가능한 경우 WPA3을 선택하고 WPA2를 구성 할 때는 CCMP 만 사용

Hype and Misinformation



- “11ax는 스위치와 같다” – No!
- “11ax는 기존 무선랜대비 4배의 Throughput 향상을 줄 것이다.” – No!
- “11ax를 위해 2.5G+의 이더넷 백홀이 요구된다” – 잘못된 계산.
- “드디어 MU-MIMO의 효과를 기대할 수 있다” – No chance.
- “11ax를 통해 2.4GHz의 혼잡 문제를 해결 할 수 있다 ” –No!

IEEE에서 얘기하는 11ax의 효율성 기술들은
11ax 클라이언트만으로 구성되는 환경에서
효율성 증대에 포커싱되어 있음



ExtremeTM

Customer-Driven Networking