Wi-Fi6: 효율적인 무선

Ruckus Networks/여태진 수석 (SE)

2019.06.13

Wi-Fi 6
배경과 역사

Wi-Fi6
11ax 기술 소개

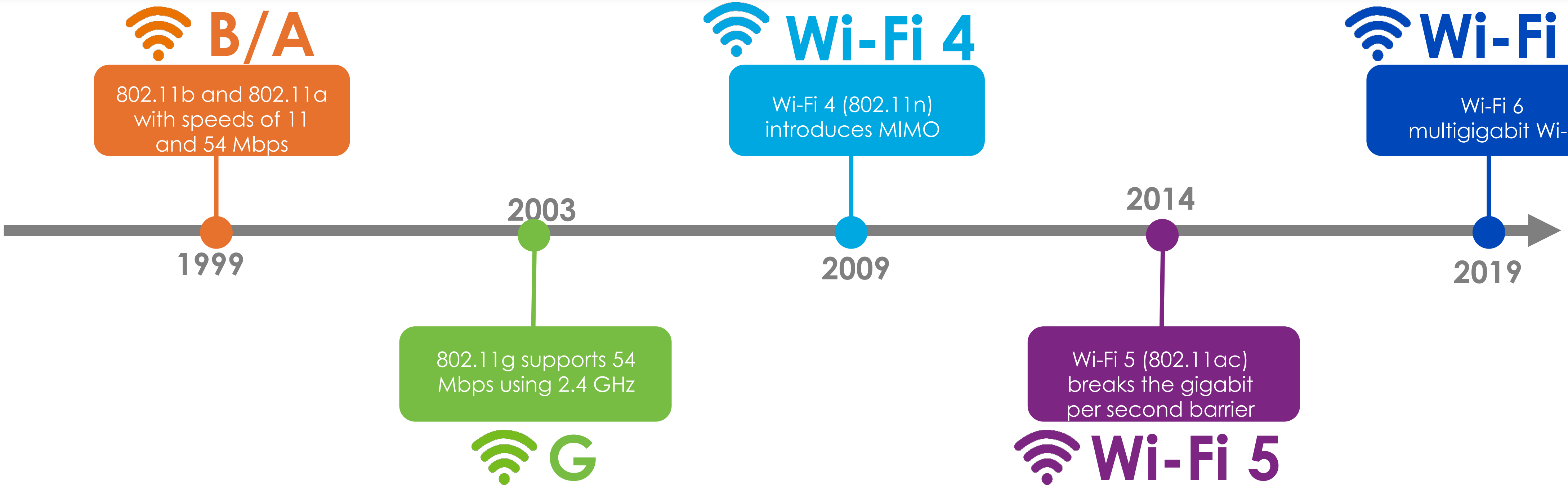
Ruckus
무선 혁신 기술

능동적
네트워크 운용

Wi-Fi6

배경과 역사

Wi-Fi의 역사


B/A
802.11b and 802.11a with speeds of 11 and 54 Mbps
1999
2003
802.11g supports 54 Mbps using 2.4 GHz
G
Wi-Fi 4
Wi-Fi 4 (802.11n) introduces MIMO
2009
2014
Wi-Fi 5 (802.11ac) breaks the gigabit per second barrier
Wi-Fi 5
Wi-Fi 6
Wi-Fi 6 multigigabit Wi-Fi
2019

규격의 발전 단계

	802.11 (Legacy)	802.11b (Legacy)	802.11a (Legacy)	802.11g (Legacy)	802.11n (HT)	802.11ac (VHT)	**802.11ax (HE)**
Year Ratified	1997	1999	1999	2003	2009	2014	**2019**
Operating Band	2.4 GHz/IR	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz	5 GHz	**2.4/5 GHz**
Channel BW	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20/40 MHz	20/40/80/160 MHz	**20/40/80/160 MHz**
Peak PHY Rate	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	6.8 Gbps	**9.6 Gbps**
Link Spectral Efficiency	0.1 bps/Hz	0.55 bps/Hz	2.7 bps/Hz	2.7 bps/Hz	15 bps/Hz	42.5 bps/Hz	**62.5 bps/Hz**
Max # SU Streams	1	1	1	1	4	8	**8**
Max # MU Streams	NA	NA	NA	NA	NA	4 (DL only)	**8 (UL & DL)**
Modulation	DSSS, FHSS	DSSS, CCK	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	**OFDM, OFDMA**
Max Constellation / Code Rate	DQPSK	CCK	64-QAM, 3/4	64-QAM, 3/4	64-QAM, 5/6	256-QAM, 5/6	**1024-QAM, 5/6**
Max # OFDM tones	NA	NA	64	64	128	512	**2048**
Subcarrier Spacing	NA	NA	312.5 kHz	312.5 kHz	312.5 kHz	312.5 kHz	**78.125 kHz**

단말의 증가 추이

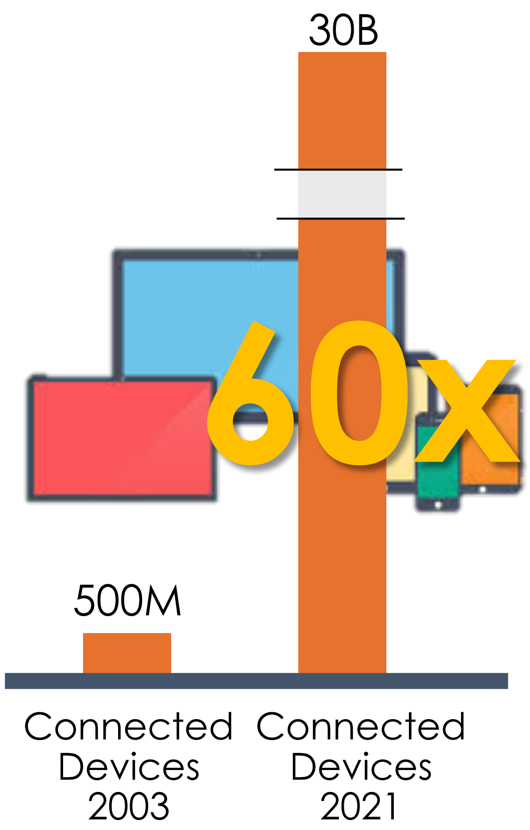
13B
현재 Active한
Wi-Fi 지원 단말

80%
인터넷 트래픽 중
Mobile 단말 비중

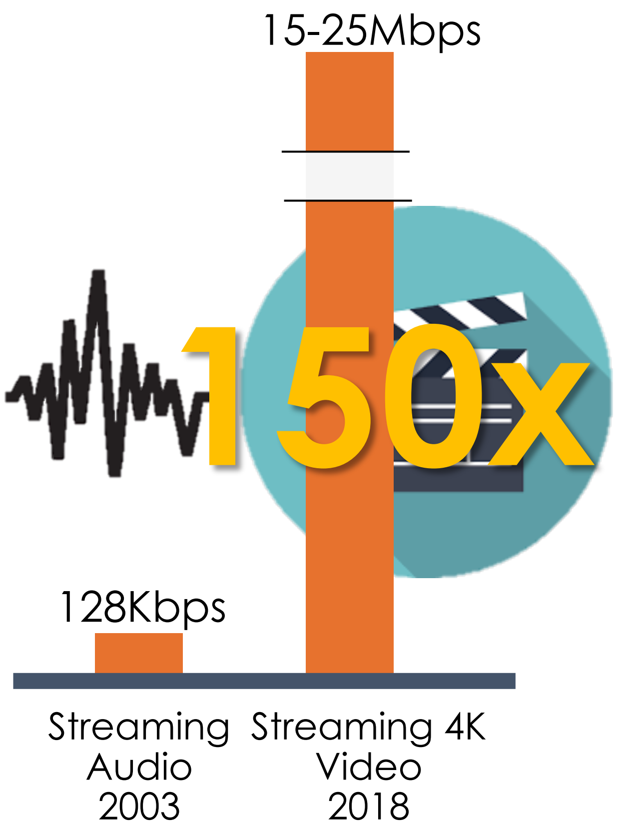
58M
2021년 Wi-Fi6
지원 단말의 수

속도에 대한 시장 요구 사항

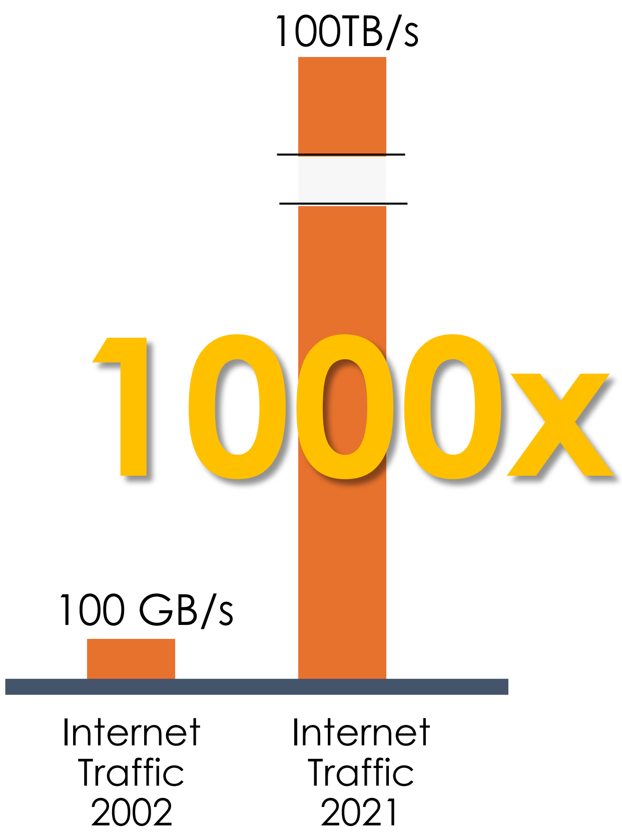
단말



어플리케이션



인터넷 트래픽



속도를 위한 노력

더 높은 속도를 위한 다양한 규격 보완

현재의 무선

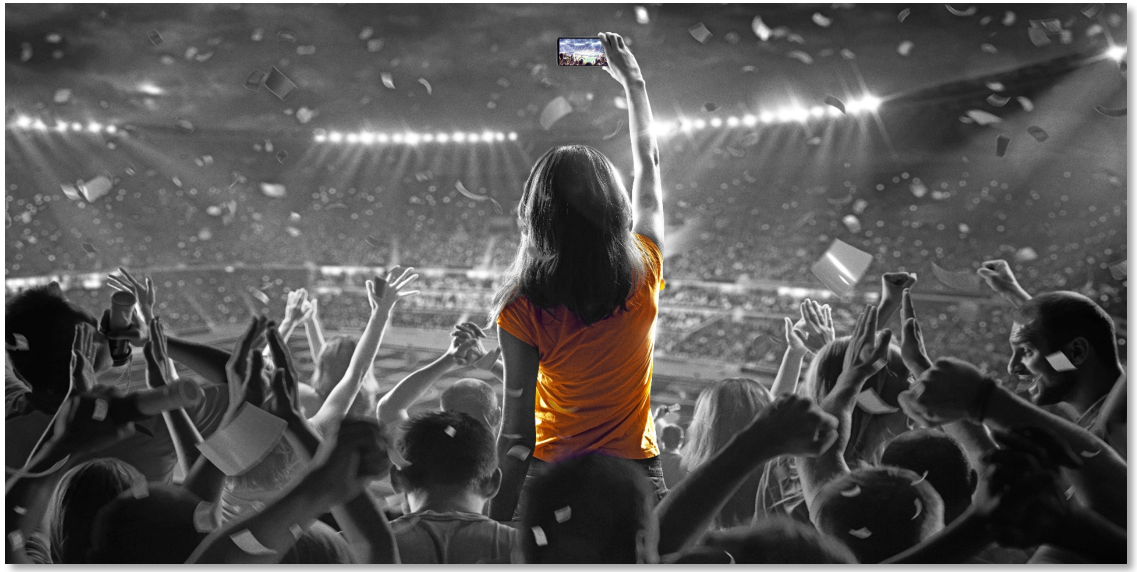
- ✓ 속도의 주체는 단말
- ✓ 의미 없는 제한 속도
- ✓ 경쟁 간섭은 필연적

시장의 효율성 요구

- 한정된 무선 자원의 효율화
- 다양한 환경에서 효율적 적응
- 다양한 단말 수용

데이터 사용 패턴의 변화

- 데이터 트래픽 사용량 증가
  - 사용자당 더 많은 단말
  - 고화질의 비디오/짧은 SNS
  - 클라우드 기반 어플리케이션의 증가
- 고 용량이 필요한 단말들의 집중화
- 작은 트래픽 패턴의 IoT 단말 수용
- VR등 고용량 트래픽 어플리케이션 지원



새로운 접근

현재의 네트워크	미래의 네트워크
"이론적인 최대 속도"	"전체적인 네트워크 용량"

2.4GHz/ 5GHz

802.11 g/n → 802.11 ac → 11ac MU-MIMO → **802.11 ax**

11ax: 고효율과 밀집 상황을 고려한 디자인

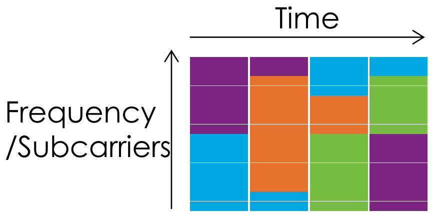
11ax: 고효율과 밀집 상황을 고려한 디자인

- AP당 100개 이상 단말의 동시 접속 지원
- 단말의 전원 효율성 강화
- 밀집 환경에서 최적의 성능 제공
- 업링크 자원의 스케줄링
- 실내 및 실외 환경 고려
- 다양한 트래픽 패턴의 효율적 지원

Wi-Fi6

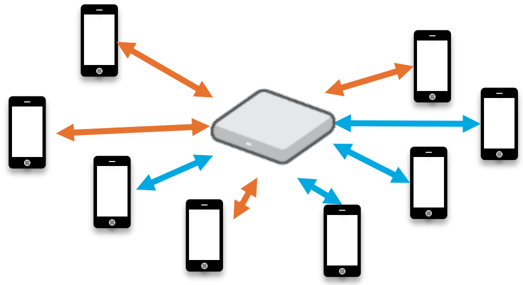
802.11ax기술 소개

Wi-Fi6 Key Points



OFDMA

- 네트워크 효율성 향상

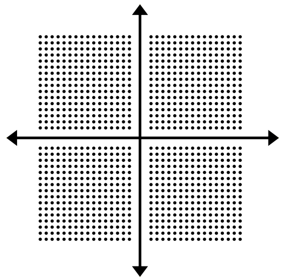


MU-MIMO

- 네트워크 효율성 향상

Power Efficiencies (TWT)

- 단말 전원 관리 효율화

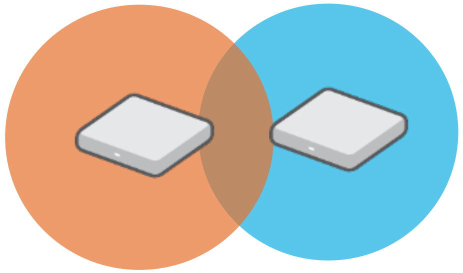


1024-QAM

- 최대 속도의 증가

Long OFDM Symbol

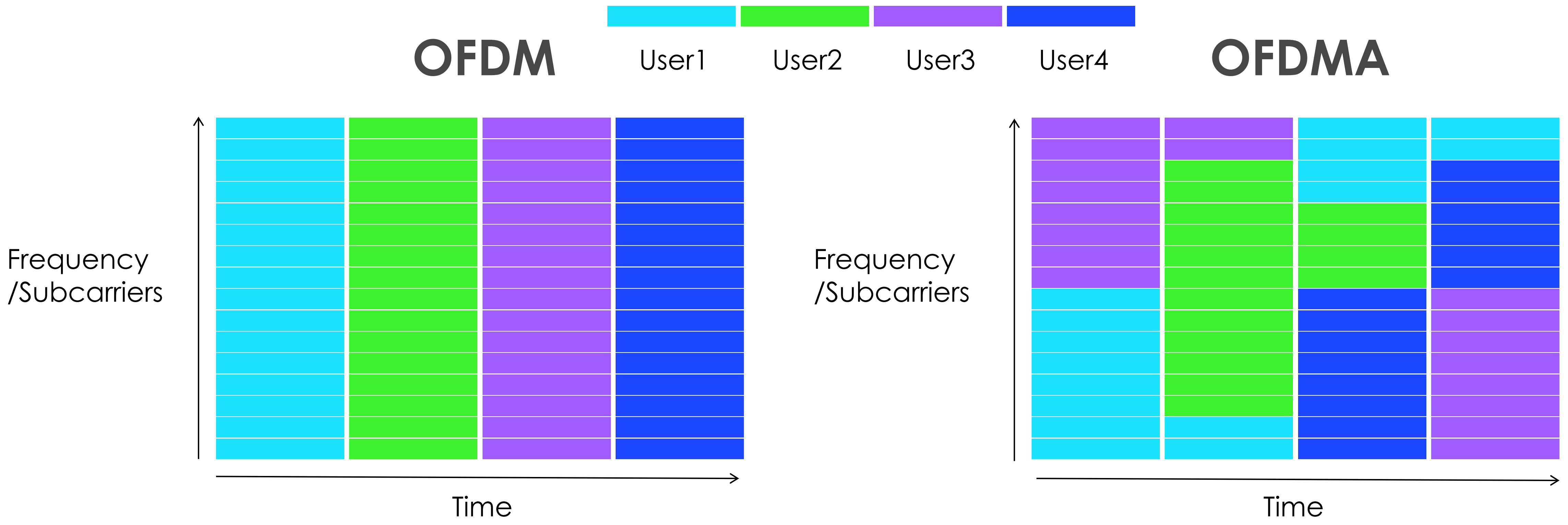
- 아웃도어에서의 신뢰성 증가
- 최대 속도 증가



BSS Coloring

- 네트워크 효율성 강화
- Wi-Fi의 간섭 완화

OFDMA: 스펙트럼 효율성 향상



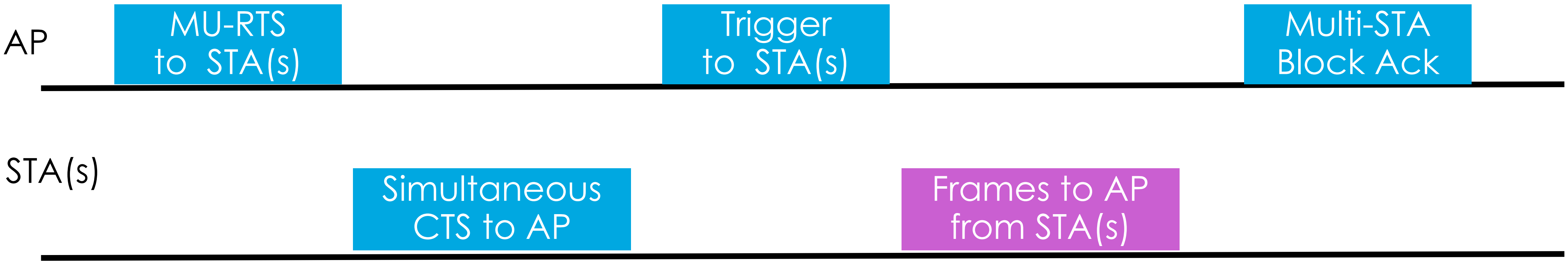
- 모든 channel bandwidth를 단일 사용자에게 할당
- Overhead는 payload size에 비례하지 않음

OFDMA : Orthogonal frequency-division multiple access

- Channel BW는 다수 사용자에게 할당
- Overhead는 다수 사용자간 분할됨
- 스펙트럼 효율성 증가, latency 감소
- 다른 데이터 전송 방식의 사용자 지원– i.e. IM vs Large downloads

Uplink MU-MIMO: 네트워크 효율성 향상

- 802.11ac에서는 AP로부터 Downlink MU-MIMO만 지원
  - AP와 조직화된 MU grouping된 단말과 간헐적으로 전송되는 frame
- 802.11ax에서는 단말로부터의 Uplink MU-MIMO 지원
  - AP가 여러 단말을 조직화하여 AP로 동시 전송



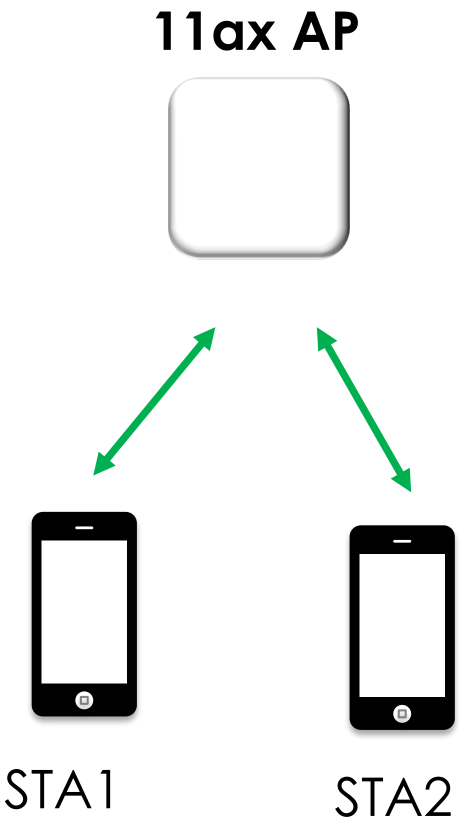
OFDM vs OFDMA vs MU-MIMO

- 효율성 향상
- Latency 감소
- 저용량 데이터 전송에 최적

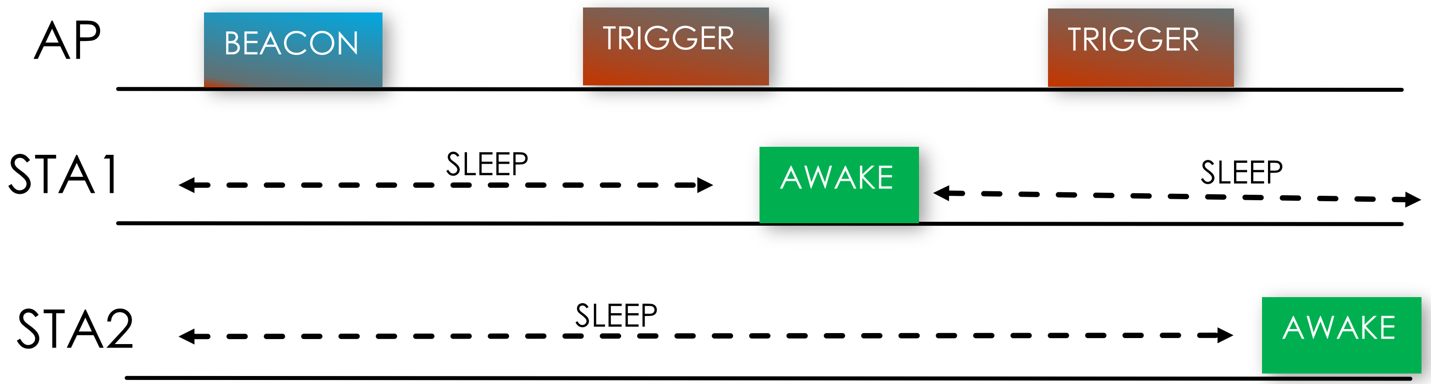
- 용량 향상
- 사용자에 더 높은 속도 제공
- 고용량 데이터 전송에 최적

TWT : 전원 관리의 효율화

TWT : Target Wake Time

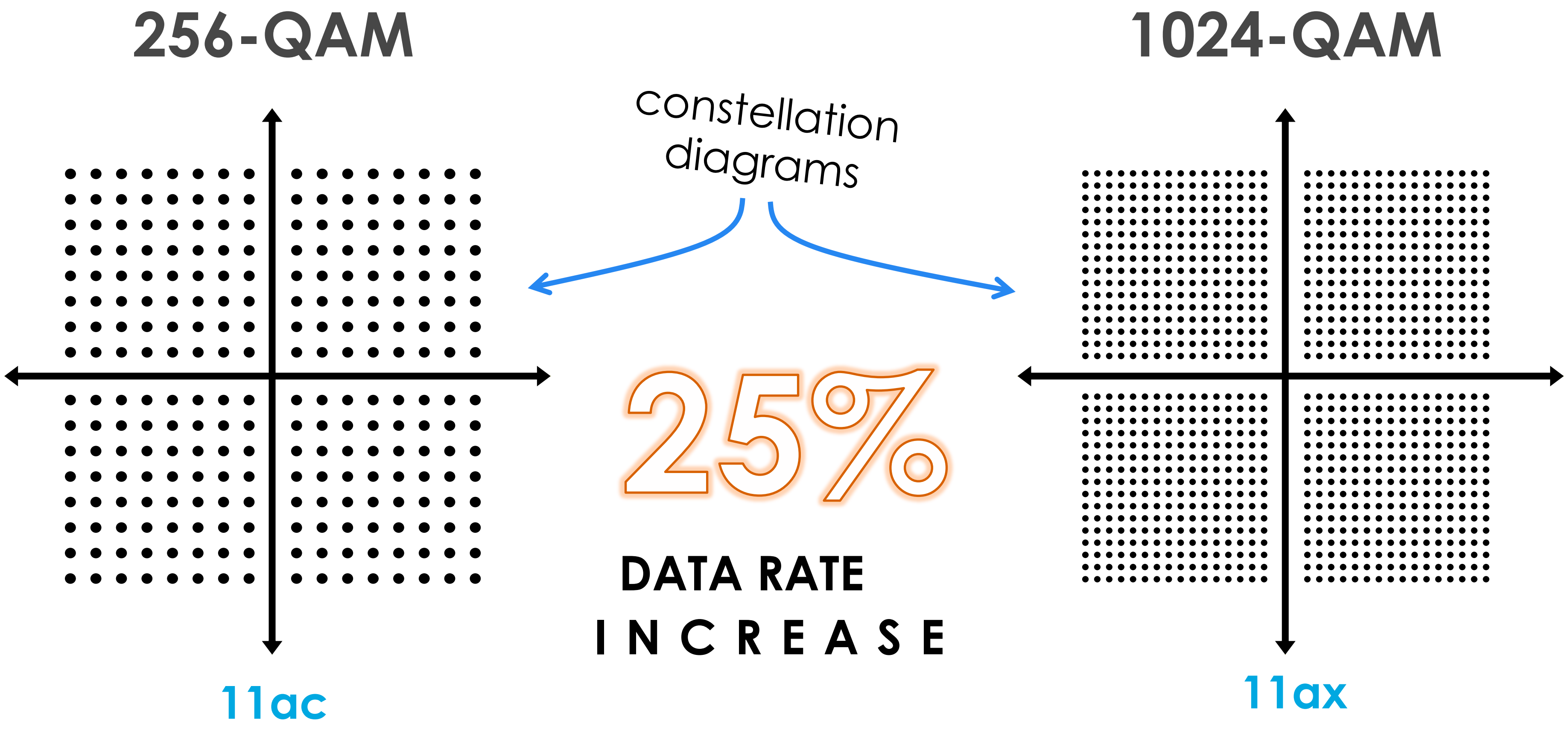


TARGET WAIT TIME



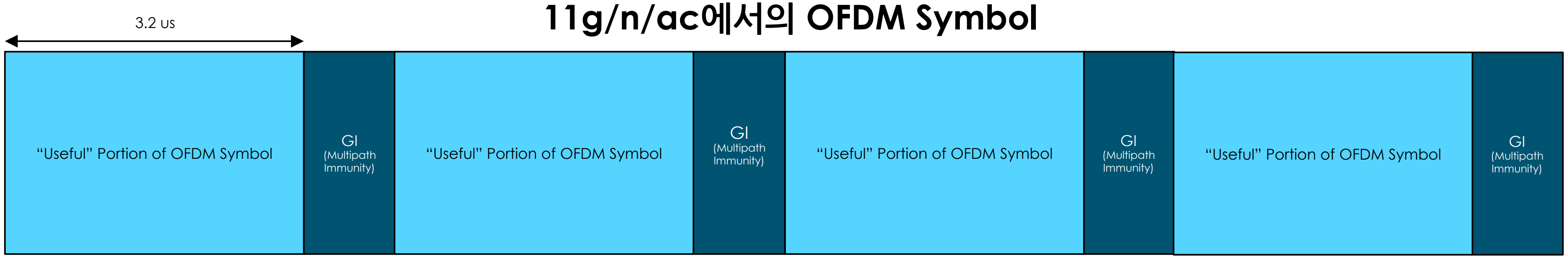
- AP와 단말 사이에는 규정된 Wake times 존재
- 단말 간의 무선 경쟁 회피
- 예정된 sleep & power on (awake) time은 단말의 전원 소모량을 줄일 수 있음

1024 QAM: 최대 속도의 증가

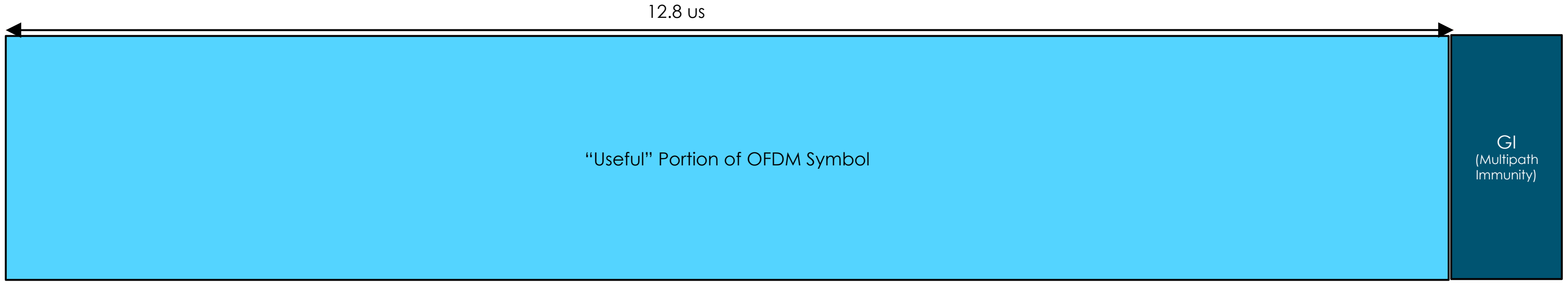


Long OFDM Symbol : 아웃도어 신뢰성 증가

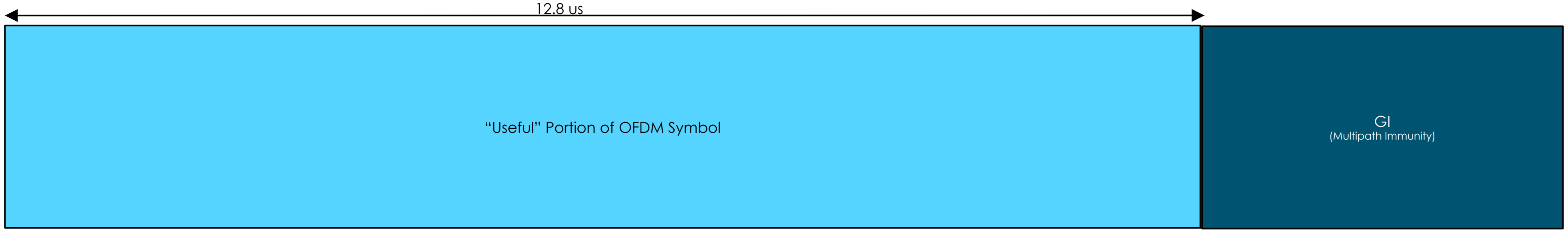
11g/n/ac에서의 OFDM Symbol



11ax에서의 OFDM Symbol (Indoor – GI Overhead의 감소로 속도 증가)

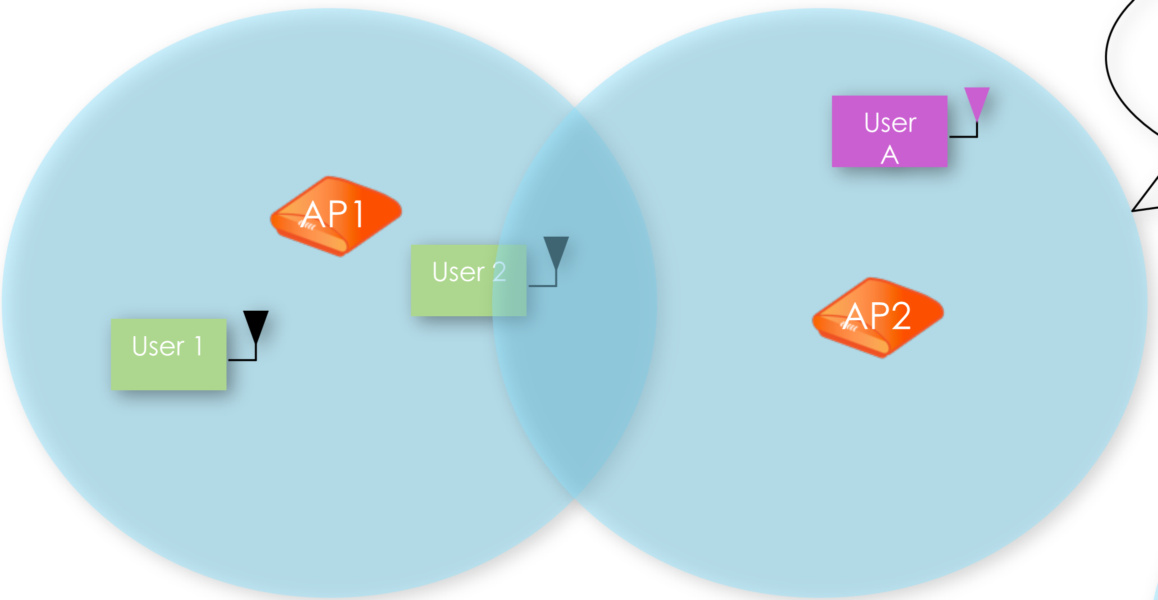


11ax에서의 OFDM Symbol (Outdoor – 더 긴 GI를 통한 multipath resilience 향상)



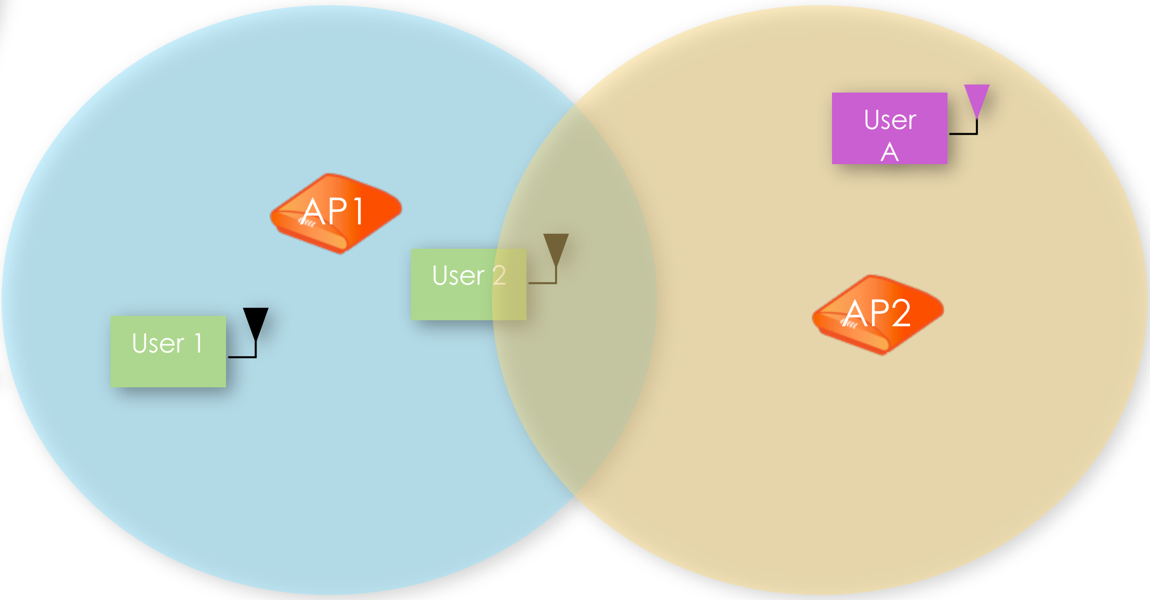
BSS Coloring : 네트워크 효율성 강화

OBSS – OVERLAPPING Basic Service Set



User2는 AP1&AP2에서 모두 간섭을 받는 상황이므로, User2는 두 AP에서 media clear가 모두 이루어지지 않으면 전송이 불가한 상태

BSS Coloring – Fixes OBSS problem



BSS Coloring으로, User2는 AP2로부터의 간섭은 무시하고 AP1의 Media가 clear해지는 즉시 전송 가능

Wi-Fi6의 이득

New OFDM Symbol

Guard interval과 pilot tone overhead의 감소로 인한 효율성 증가

802.11ac에 비해 **20%** 높은 data rate 제공

OFDMA downlink & uplink

더 많은 단말 수용, 낮은 latency
작은 패킷, 낮은 속도에 효과적

3배의 시스템 용량 증가

최대 8대의 MU-MIMO

그룹으로 묶인 단말에 효과적
Sounding과 ack overhead 감소

802.11ac에 비해 **2배**의 용량 증가

BSS Coloring

채널 중첩, 밀집 환경에서 효과적

802.11ac에 비해 **2배**의 용량 증가

1024 QAM

최고의 무선 환경에서 더 높은 전송 속도 보장

802.11ac에 비해 **25%**효율 증가

Target Wait Time

배터리 사용을 줄이기 위한 더 긴 sleep mode 제공

3배 – 10배의 배터리 수명 증가

장거리 링크를 위한 special preamble

아웃도어 PtP 거리 증가

동일 Data rate당 **2배**의 거리 증가

Long Guard Interval

Outdoor PtP link의 거리 증가

자가 간섭 없는 multipath 환경에서 **1km** 차이를 허용 (이전 250m)

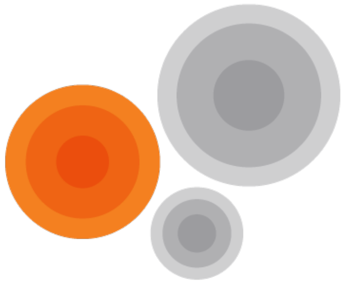
밀집 환경 하에서 단말 당 4x이상의 평균 속도 향상

Ruckus
무선 혁신 기술

Ruckus RF 특화 기술

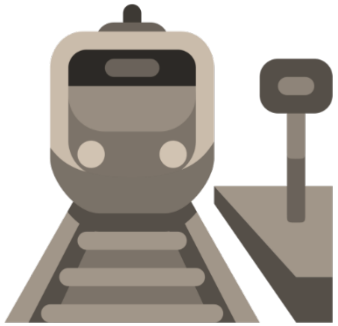
패킷 기반의 적응형 출력 조절

단말별 성능을 최적화하기 위해 전송 출력을 패킷별로 동적으로 조절



적응형 Wi-Fi Cell 사이즈 조절

더 나은 지원 범위, 채널 간섭을 완화하기 위해 실시간으로 RF Cell 사이즈를 조절하여 더 나은 네트워크 성능 보장

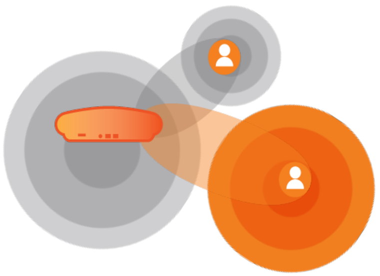


일시적으로 접속되는 단말 관리

기차역과 같은 일시적으로 접속되는 단말 밀집 환경에서 머신 러닝 기반의 예측으로 연결되지 않는 일시적인 단말로 인한 성능 저하를 차단

Air-time 혼잡 완화

혼잡한 환경에서 management traffic을 완화하여 RF Spectrum의 사용을 최적화하고 단말의 성능을 획기적으로 향상



최적의 네트워크 용량 활용

적응형 단말 관리 기술을 사용하여 AP간/Band간 단말을 분산하여 초고밀도 환경에서도 AP-단말간 링크 속도를 최적으로 유지 해줌

패킷 기반의 적응형 출력 조절

현재 상황

일반적인 AP의 전송 출력은 최대 Tx Power를 사용하여 주변 AP의 RF 간섭을 악화시킴

- AP는 커버리지 향상을 위해 최대 Tx Power로 전송
- Wi-Fi 전송 속도는 먼 거리의 단말에 최적화 됨
- 일반적으로, 밀집환경에서 대부분의 단말은 AP의 인접 지역에 위치, 과도한 Tx 출력은 주변 AP와 RF 간섭 증가

Ruckus Solution

일반적인 AP는 최대 Tx power로 출력하여 주변 AP와 RF 간섭을 악화 시킴

- Rate Adaptation algorithm은 단말 당 최적의 MCS rate 선택
- 단말 접근도 (RSSI)에 따른 패킷 별 적응형 출력 조절 factor와 일정한 MCS rate를 유지 하기 위한 낮은 Tx Power level의 반복

기능 구현으로 인한 장점: 인접 AP와 채널 간섭 제한

- RF 간섭 완화로 Wi-Fi medium의 효과적인 사용이 가능하게 함
  - 단말로의 더 높은 전송 속도 제공

적응형 Wi-Fi Cell Size 조절

현재 실정

많은 AP의 구축은 더 높은 채널 간섭 및 인접 채널 간섭을 유발한다.

- 증가된 간섭은 단말에 나쁜 영향을 제공
- 수동으로 RF parameter의 적용은 시간이 많이 소요되고 에러 발생 가능성이 높음.
- Wi-Fi 지원 범위 내에서의 간헐적인 단절 유발 (단절, 유지 관리)

Ruckus Solution

AP는 지능적인 네트워크 탐지 알고리즘을 통해 Wi-Fi coverage에 자동으로 적응함.

– Tx 및 Rx cell size의 실시간 적용
  - 주기적인 채널간 주변 탐색 및 RF 간섭 예측 기법을 사용

기능 구현으로 인한 장점:

밀집 환경에서 더 나은 Wi-Fi 평균 속도 유지 가능

– 적은 AP/많은 AP가 구축된 Wi-Fi network 탐지 및 완화
  - 기존 Wi-Fi network 구조에서 2x2 AP에서 3x3 AP로 upgrade 효과
  - 일시적으로 ‘down’ AP의 커버리지 보상

– 밀집된 AP 구축 환경에서 더 나은 사용자 환경 제공

일시적 접속 단말 관리

현재 상황

일시 접속 단말은 Wi-Fi network에 연결된 단말의 사용 경험의 질을 하락 시킴

- AP와 일시 접속 단말 간의 짧은 연결은 Wi-Fi network의 성능을 저하 시킴
- 일반적은 기차역, 버스 정류장, SMB의 Hotspot 시설에서 탐지 됨

Ruckus Solution

일시 접속 단말과 AP간의 association을 delay 시키기 위해 통계적 방법을 사용

- 시설 관리자는 일시 접속 단말의 일반적인 dwell time과 RSSI를 기반한 설정 가능한 값으로 조정 가능
- 일시 접속 단말로의 respond는 학습 기반의 방법을 통한 선택적 전송 가능

기능 구현으로 인한 장점:

- 효과적인 Air-time의 활용, 일시 접속 단말의 cellular에서 Wi-Fi로의 handoff 최소화

Airtime 혼잡 완화

현재 상황

고 밀집 Wi-Fi 구축 환경에서 management frame의 효과적인 감소가 필요

- 고 밀집 Wi-Fi 구축 환경에서 Management traffic이 과도하게 전송됨
- 고 밀집 AP 구축 환경에서는 동일 채널 AP에 의해 전송되는 중복된 response로 인해 가용한 Wi-Fi spectrum이 포화됨
- 낮은 연결성과 낮은 단말당 전송 속도는 나쁜 단말 사용 경험을 야기

Ruckus Solution

고 밀집 구축 환경에서 AP와 단말의 management frame의 교환을 제한하는 특허 받은 기술

– AP는 WLAN 및 RF parameter를 이용하여 단말로 선택적인 response 제공
– 특허받은, 획기적인 구조는 management frame의 교환을 최소화하여 data traffic을 위한 전반적인 네트워크 효율 향상
– Application의 더 높은 전송 속도로 인한 단말 사용 경험 향상

기능 구현으로 인한 장점:
– 사용자의 data traffic을 위한 Air-Time의 증가, 단말 경험의 질 향상

실제적인 효과 (Golden1 Arena)

Venue

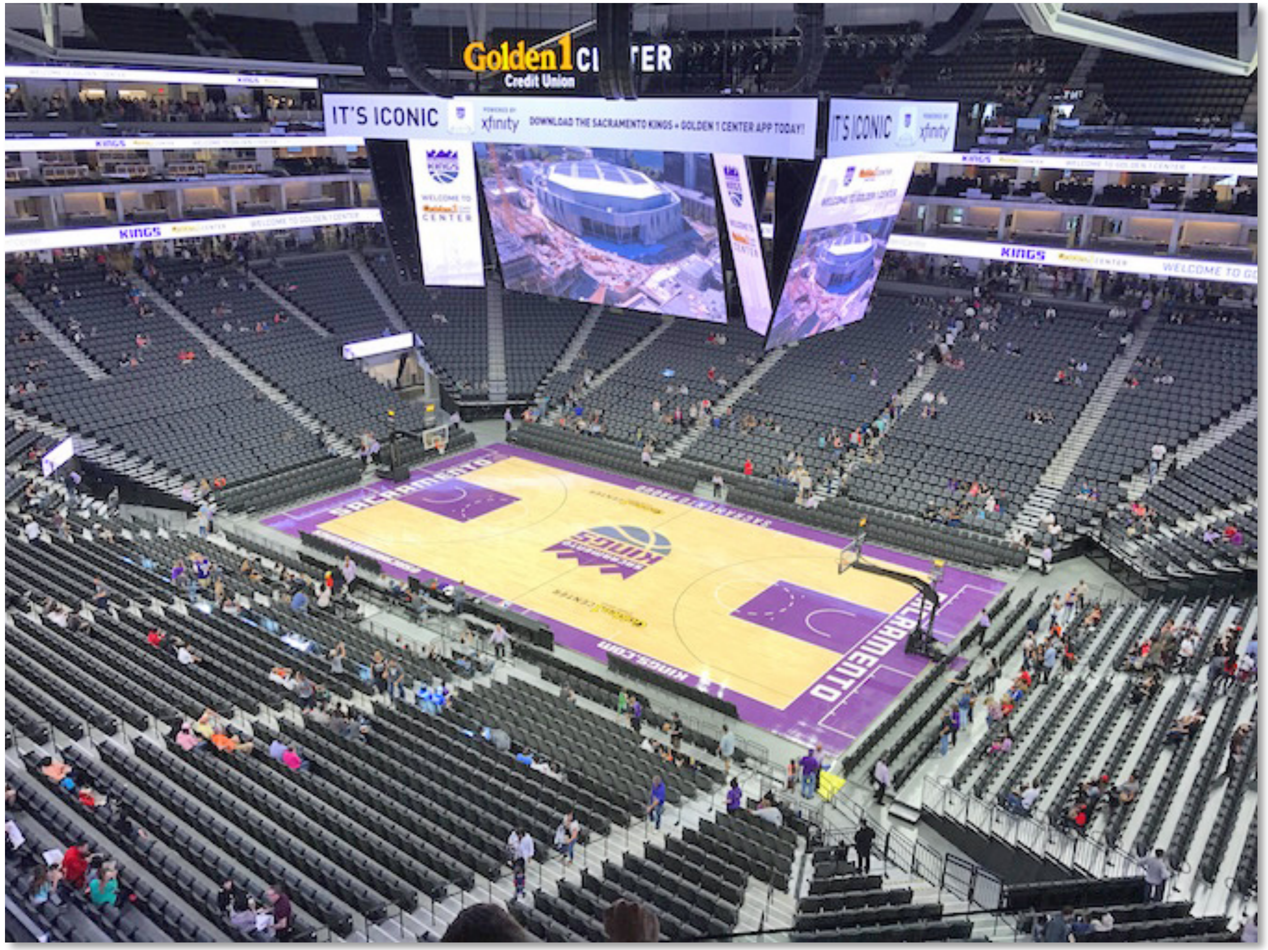
- Venue type – indoor arena
- Capacity – 17,608
- Team – Sacramento Kings

구축 및 시험 범위

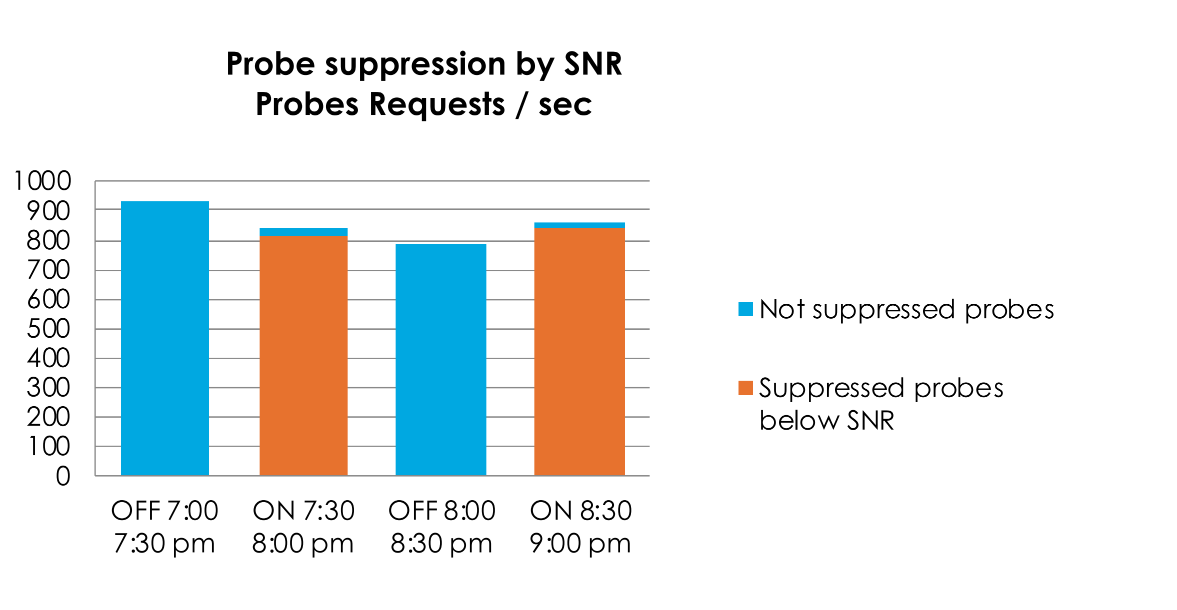
- Ruckus에 의해 제공되는 경기장 전체의 고밀도 Wi-Fi 서비스
- 기능 테스트 범위 – 저층부의 모든 AP 대상
- 많은 사람들이 참여하는 여러 종류의 실시간 event

시험 방법

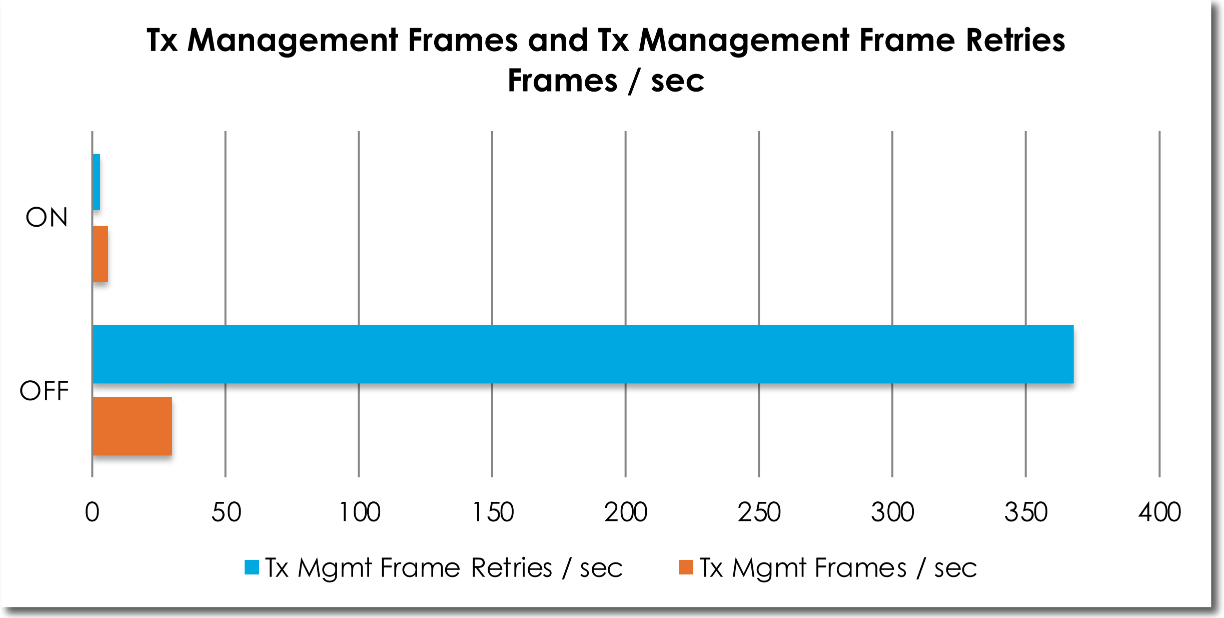
- 1st half 한 시간 동안 Probe suppression OFF와 2nd half 한 시간 동안 Probe suppression ON 후 비교



시험 결과 및 분석



Spurs 대 Kings의 경기 동안 air 구간에서 수집된 Probe Request 통계 데이터



Spurs 와 Kings의 경기 동안 수집된 AP당 Tx Management Frames과 Frame Retries rate의 평균 값

결론

- Airtime decongestion 기능이 enable 되면 Air 구간에서 Tx Management Frame의 비율이 80% 이상 하락한다.
- 기능이 ON 되면, Tx Management Frame Retry의 비율이 TX Management Frame에 절반 이하로 줄어든다
- Air 구간에서 더 낮은 management frame과 재전송은 data frame의 전송을 위해 가용할 수 있는 airtime을 증가 시킨다.

1,268
GOOD
SaaS
Big Data
Machine Learning
Network Insights
Reporting
Network Analytics

능동적

네트워크 운용

Network을 운용하는 새로운 방법

머신 러닝 기반의 능동적 네트워킹

Network에서 생성된 데이터

- 횟수, KPI, 이벤트 및 활동
- Streaming API로 전송

데이터, 이벤트, 설정 프로세싱

- ML 데이터 기준
- 인덱싱, 결합, 저장을 위한 빅 데이터 구조

머신러닝의 동작

- 경향 특이성
- 주기적인 특이성
- 전체적인 특이성
- 지연적인 특이성
- 용량 조절
- 이벤트 빈도
- 상관 관계 분석
- 다중 이벤트 분석
- 설정 변경 분석

능동적 표출

- Full-time AI 기반
- 필요시 단말 영향 이벤트에 따라 자동 분류

왜 Machine Learning이 필요한가?

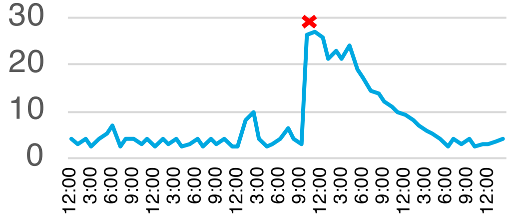
- 수동 분석 하기에는 너무 많은 데이터
- 사용자 민원 전 Trend 파악
- 자동적인 네트워크 데이터의 기준 설정 (수동 threshold가 아닌)
- Insight의 추출을 위한 데이터 상관 관계 비교
- Hype machine

다중 이벤트 분석

AP Airtime Util

Bin 1
Bin 2
Bin 3

경향 특이성

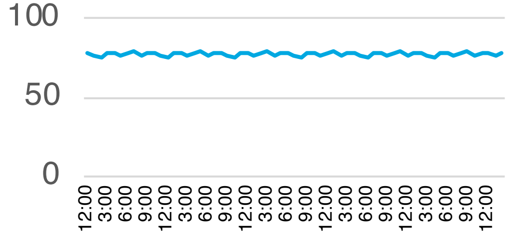


High Airtime Util

AP CPU Usage

Bin 1
Bin 2
Bin 3

Trending Normal

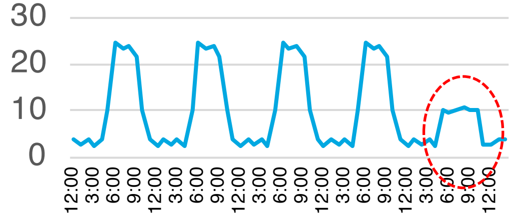


Normal CPU Usage

AP Capacity

Bin 1
Bin 2
Bin 3

주기 특이성



Low Capacity

다중 이벤트 분석

Events
High Airtime Util
Low Capacity

CEP Signature
If ⚠ + 👍 + ⚠ for more than 3 minutes, client serviceability is impacted.

Insight
Temporal airtime interference causing client service impact.

Correlations
AP7 has 78% less capacity than usual.

Root Cause
Temporal airtime interference.

Remediation
Radio channel change.

50개 이상의 분석 제공

구조적 이슈
- AP stress
- SZ SM queue length
- 3 CP/DP Insights

5 Insights

단절/로밍 이슈
- Disconnects due to:
- Roaming
- Channel changes
- AP reboots/radio resets

10 Insights

연결 실패
- Connection latency
- Authentication failures
- Association failures
- RADIUS failures

10 Insights

무선 성능
- High airtime utilization
- Poor throughput
- High latency

20 Insights

기준 데이터
- Abnormal traffic
- Abnormal client count
- Abnormal AP reboots

5 Insights

설정 변화
- Firmware update impact analysis

1 Insight

ML 기반의 능동적 분석 엔진

요약 정리

새로운 Wi-Fi의 경험

RF 자원의 효율화	단말/환경에 따른 보완	다양한 프로토콜 수용	기존 단말 수용 기술	선제적 탐지 및 처리
• OFDMA • UL MU-MIMO • BSS Coloring	• TWT • Long GI	• 다양한 IoT 단말 관리 • 더 많은 단말 수용	• 다양한 RF 보완 기술 • 환경에 따른 성능 보완	• 머신 러닝 기반 • 스스로 학습하여 탐지 및 분석
• 자원 효율화를 통한 최적의 무선 환경 보장	• Indoor/Outdoor에서의 환경 이해 및 단말 전원 관리	• 낮은 Bandwidth/작은 패킷에도 적용되는 규격	• 기존 단말에도 획기적인 성능 향상	• 장애 요인 발생 전에 선제적 처리 가능

감사합니다