

# IEEE 802.11ax: Wi-Fi 6

---

# 목차

1 개요	3
2 기술 환경과 시장 전망	4
3 802.11ax란?	6
4 11ax 시행 시기	18
5 11ax의 영향	18
6 요약	20
구매 방법	20

## 1 개요

디바이스와 연결이 빠르게 증가하고 더 많은 대역폭을 필요로 하는 애플리케이션도 늘어나면서 무선 기술이 진화하고 있습니다. 이제 미래의 네트워크에는 더 많은 용량과 신뢰성이 필요합니다. 따라서, 이를 지원할 수 있는 Wi-Fi 6가 필수적입니다.

새로운 IEEE 802.11ax는 최신 무선 표준으로 혁신적인 기능을 제공합니다. 이 표준은 802.11ac의 강점에 유연성과 확장성을 더하여 신규 네트워크 및 기존 네트워크에서 차세대 애플리케이션을 지원할 수 있도록 합니다. IEEE 802.11ax는 라이선스 무선 기술(LTE)의 예측 가능성과 기가비트 무선 통신의 빠른 속도를 모두 갖추고 있습니다.

엔터프라이즈 및 통신 사업자는 IEEE 802.11ax를 통해 오래된 애플리케이션에 더 높은 수준의 서비스를 제공하는 한편 동일한 무선 랜(WLAN) 인프라에서 새로운 애플리케이션을 지원할 수 있습니다. 이 시나리오를 토대로 새로운 비즈니스 모델을 구현하고 Wi-Fi 도입을 늘릴 수 있습니다.

IEEE 802.11ax를 사용하면 밀집된 환경의 액세스 포인트에서 더 많은 클라이언트를 지원할 수 있으며 일반적인 무선 LAN 네트워크에도 더 나은 경험을 제공합니다. 또한 4K 비디오, Ultra HD, 무선 오피스, IoT(Internet of Things) 등 첨단 애플리케이션에서 예측 가능한 성능을 누릴 수 있습니다. 유연한 웨이크업 시간 스케줄링으로 802.11ac보다 훨씬 오래 클라이언트 디바이스의 절전 모드를 유지할 수 있으며 원활한 웨이크업 덕분에 스마트폰, IoT, 기타 디바이스의 배터리 수명이 연장됩니다.

IEEE 802.11ax는 다음 세 가지 측면을 통해 이러한 이점을 실현합니다.

- 1024 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 사용한 고밀도 변조로 속도 35% 이상 향상
- OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기반의 스케줄링으로 오버헤드와 레이턴시 감소
- 강력한 고효율 신호 처리로 훨씬 더 낮은 RSSI(Received Signal Strength Indication)에서 더 효율적으로 운영

최초의 802.11ax 액세스 포인트도 IEEE 802.11ax OFDMA 기술을 통해 8개의 공간 스트림을 지원하며, 밴드 구현에 따라 물리적 레이어에서 최대 4,800Mbps까지 제공할 수 있습니다. 모든 클라이언트가 MAC 레이어에서 더 효과적인 처리량을 보여주므로 전체적인 사용자 경험이 개선됩니다.

802.11ac와 달리, 802.11ax는 듀얼 밴드 2.4/5GHz 기술이기 때문에 2.4GHz 전용 클라이언트에서 즉각적으로 이점을 활용할 수 있습니다. 가장 중요한 것은 802.11ax 2.4GHz 지원으로 Wi-Fi 범위가 확대되어 표준에 맞는 사운드 및 빔 포밍이 추가되고 실내 및 실외 커버리지를 위한 새로운 활용 사례와 비즈니스 모델을 이용할 수 있다는 점입니다.

IEEE 802.11ax를 적용하면 기존 구축된 802.11a/g/11n/11ac가 즉시 802.11ax로 완전히 업그레이드되지 않더라도 성능은 개선됩니다. OFDMA 기반의 채널 액세스는 기존 EDCA/CSMA와 완벽하게 역호환 가능하며, Cisco® 액세스 포인트는 각각의 체계를 최적으로 활용합니다. 둘째, 802.11a/g/11n/11ac 모니터링 및 무선 침입 방지 시스템(WIPS, Wireless Intrusion Protection Switching)은 비컨 및 프로브 요청/응답 프레임이 새로운 802.11ax 패킷 형식으로 전송되더라도 대부분의 관리 프레임을 계속 디코딩할 수 있습니다.

IEEE 802.11ax는 호환성을 극대화하도록 개발되었기 때문에 802.11a/n/ac 디바이스와 효율적으로 호환됩니다. 새로운 프리앰블(HE-SIG-A/B)은 기존의 802.11a/g/n/ac 프리앰블 및 다중 사용자를 위한 RTS/CTS(request-to-send/clear-to-send) 확장 절차를 준수하므로 단일 사용자 모드를 유지하는 예전 사용자와 충돌하지 않습니다.

새로운 802.11ax 표준은 무선 기술 분야의 획기적인 발전이며, 시간이 지날수록 엔터프라이즈 및 통신 사업자 조직에 실질적인 이익을 안겨줄 것입니다.

## 2 기술 환경과 시장 전망

이전의 802.11 기반 네트워크를 연구한 결과, 엔터프라이즈 네트워크의 확장과 집적화를 지원하기 위해 세대가 높아질수록 사용자에게 더 많은 처리량과 커버리지를 제공해 온 것으로 밝혀졌습니다. 하지만 미래의 무선 네트워크에서는 버전이 향상될수록 이러한 지속적인 확장을 지원하는 한편 기존 네트워크에도 더 높은 수준의 서비스를 제공해야 합니다. 특히 통신 사업자 고객을 위한 음성 서비스 등 모바일 핵심 기능을 안정적으로 확장해야 하는 것은 물론 엔터프라이즈 고객을 위한 4K/8K 비디오, AR/VR(증강 및 가상 현실), IoT 수요가 증가하고 있으며, 따라서 이전 세대의 Wi-Fi보다 높은 수준의 결정론적 동작이 필요합니다.

지금까지는 통신 사업자와 엔터프라이즈 모두 2G, 3G, 4G로 셀룰러 네트워크의 세대가 높아질수록 더 많은 트래픽을 Wi-Fi로 이관해 왔습니다. 그러나 2020년 이후의 미래에는 최신 셀룰러 기술(5G)을 사용하더라도 대규모 Wi-Fi 용량이 있어야 통신사급 음성 및 비디오 서비스를 지원할 수 있을 것이며, 그러려면 셀룰러 방식의 스케줄링 기능을 갖춘 802.11ax가 필요할 것으로 보입니다(그림 1).

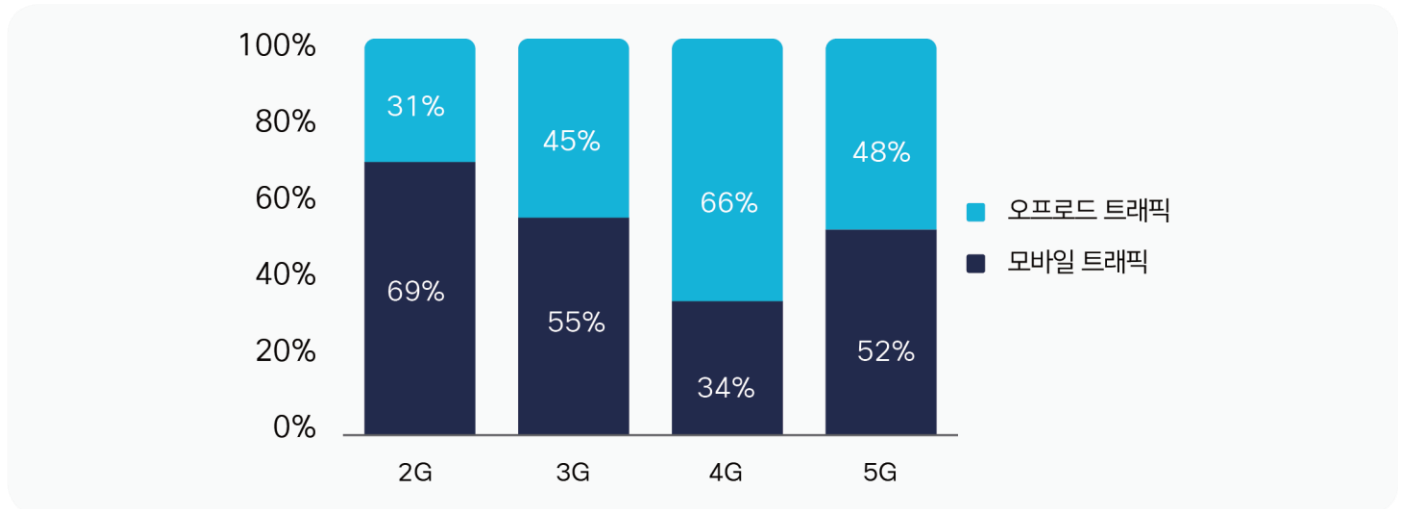


그림 1. 모바일 오프로드 트래픽 트렌드(Cisco VNI(Virtual Networking Index))

IoT(Internet of Things)가 중요한 트렌드로 부상하면서 기업은 어려운 과제를 안게 되었습니다. 즉, IoT를 이용하려면 수백에서 수천 개에 이르는 전자 디바이스를 운영 및 엔지니어링 요구에 맞게 기업 IT 네트워크에 안전하고 간편하게 연결할 수 있어야 합니다. 노트북 등 사용자 디바이스와 달리 IoT 디바이스에는 결정적 무선 서비스(예: 5ms마다 폴링하지 않으면 종료됨) 또는 저전력 서비스(꼭 필요할 때만 통신)가 필요합니다. 예전에는 독점 기술이나 틈새 기술 또는 통신 사업자 고유의 기술로 이러한 요구를 충족할 수 있었지만, 규모의 경제 효과가 크고 IT에서 관리하기 편리하다는 이유로 실내 IoT 플랫폼으로 엔터프라이즈 Wi-Fi를 선택하는 경우가 점점 더 늘고 있습니다. 이러한 IoT

운영 요구를 충족하기 위해 저전력/결정론적 방식 같은 IoT 기능을 갖춘 802.11ax의 도입이 가속화될 것으로 보입니다(그림 2 참조).

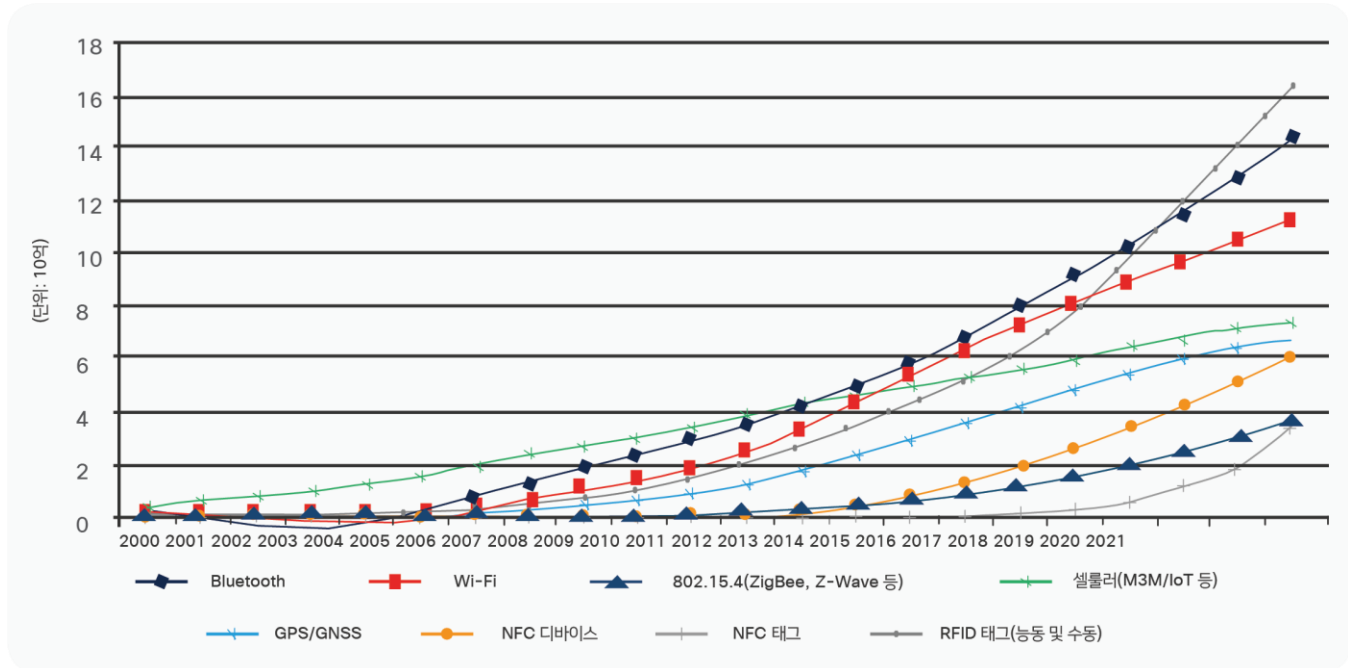


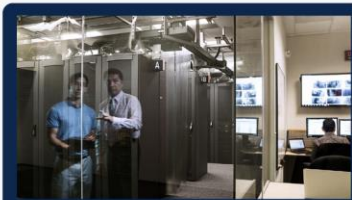
그림 2.  
IoT 트렌드(Cisco VNI)

앞으로는 AR(증강 현실), VR(가상 현실) 또는 MR(혼합 현실) 기술로 가상 환경에서 사용자를 동료, 파트너 업체, 고객과 연결하는 기업도 등장할 것입니다. 연구자, 엔지니어, IT 부서 등에서 원격 의료 서비스, 원격 현장 지원, 리테일 비주얼라이저, 가상 교육, 협업과 같은 엔터프라이즈 솔루션을 개발하면서 이러한 협업 유형의 이점이 매일같이 드러나고 있습니다. 이러한 애플리케이션에는 높은 처리량(예: 1Gbps 이상)과 낮은 레이턴시(예: 10ms 미만)가 필요하기 때문에 첨단 MIMO(Multiple Input, Multiple Output)(8x8) 및 스케줄링 기능을 갖춘 802.11ax가 유리하다는 점은 확실합니다(그림 3).



#### 증강 현실

이미지, 사운드, 비디오 또는 그래픽을 추가하여 현실 세계를 증강시켜 보여줍니다. 예: AR 관광, 원격 전문가, 리테일 비주얼라이저 등



#### 혼합 현실

실제 + 가상 현실을 통합하여 실시간 공존과 상호작용을 지원합니다. 예: 엔터테인먼트 앱 등



#### 가상 현실

사용자가 상호작용하는 몰입형 시뮬레이션 환경입니다. 예: 몰입형 게임, 가상 교육 또는 협업 등

- ▶ 이러한 합성 기술을 구현하려면 차원이 다른 네트워크 품질과 성능이 필요합니다.
- ▶ 높은 QoE를 위해서는 대역폭과 레이턴시 요구 사항을 **반드시** 충족해야 합니다.
- ▶ AR 트래픽은 2016년부터 2021년까지 매월 3PB에서 20PB로 7배 증가할 전망입니다.
- ▶ VR 트래픽은 2016년부터 2021년까지 매월 13PB에서 140PB로 11배 증가할 전망입니다.

### 그림 3.

모든 현실: 증강, 혼합, 가상

## 3 802.11ax란?

첫째, 802.11ax는 802.11ac가 진화한 형태입니다. 802.11ac에 대한 자세한 내용은

<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white-paper-c11-713103.pdf>를 참조하십시오. 802.11ac에서 도입된 DL(Downlink) MU(Multiuser) MIMO, 256 QAM, 160MHz 광역

채널을 잘 알고 있다면 복습할 필요 없이 계속 진행하시면 됩니다.

### 3.1 802.11ax의 도입 동인

IEEE 802.11ax는 802.11ac를 혁신적으로 개선한 새로운 표준입니다. 802.11ax는 기존 Wi-Fi 네트워크 그대로 효율성을 높이는 HE(고효율) 무선 네트워크를 목표로 개발되었습니다.

- 일반적인 Wi-Fi 환경에서 빠른 데이터 전송 속도를 더 일관되게 실현
- QoE(Quality of Experience, 경험 품질)를 향상하는 KPI에 주력

기존 엔터프라이즈 분야의 당면 과제는 다음과 같습니다.

- 수많은 사용자가 각각 3~4개의 802.11을 사용하는 장비를 소지, 착용하고 있으며 모든 클라이언트가 네트워크 리소스를 동시에 사용하는 고밀도(Ultra-High-Density) 환경
- 4K 비디오 및 AR/VR(증강 현실/가상 현실) 같은 실시간 애플리케이션의 도입 증가로 이미 부담이 큰 환경에 새로운 수요 추가

인접한 IoT 영역에서는 기존에 구축된 용도별 네트워크를 IT 네트워크 하나로 통합하면서 다음을 지원해야 할 필요성이 커지고 있습니다.

- HVAC, 자산 태그, 의료용 센서 등 복잡성이 낮은 저전력 디바이스

- 면밀한 KPI 관리가 필요한 의료(이미징/제어) 및 제조(창고 물류, 로봇 공학)와 같은 URLLC(Ultra-Reliable Low-Latency Communications)

### 3.2 802.11ax는 얼마나 더 빠른 속도를 제공할 수 있을까요?

피크 무선 속도는 채널 대역폭, 밀도, 공간 스트림 개수, 심볼당 오버헤드 등 4가지 요인에 따라 달라집니다. IEEE 802.11ax에서는 1024 QAM이 추가되어 좌표 밀도가 개선된 것은 물론 유연한 PHY 타이밍 매개변수로 심볼당 오버헤드 또한 크게 향상되었습니다.

첫째, 256 QAM에서 1024 QAM으로 변경됨에 따라 피크 속도가  $10/8 = 1.25$ 배 높아집니다. 간격이 좁아지면 잡음에 대한 민감도가 커지기 때문에 짧은 거리에서는 1024 QAM이 가장 효과적입니다. 256 QAM이 더 안정적이기는 하지만, 1024 QAM에서도 스펙트럼 또는 안테나 수를 256 QAM보다 늘릴 필요는 없습니다. 기존의 물리적인 시스템으로도 쉽게 구현할 수 있습니다.

둘째,  $3.2\mu\text{s}$ (마이크로초)로 고정된 심볼 기간( $T_s$ )과 400 또는 800ns로 2개에 불과하던 GI(Guard Interval)가 더 긴  $T_s(12.8\mu\text{s})$  및 GI 옵션 3개(0.8, 1.6,  $3.2\mu\text{s}$ )으로 변경되면서 속도가 더 빨라지는 것은 물론 필요한 경우 신뢰도도 높아집니다. 수학적으로 피크 시간-도메인 효율성은  $T_s$ -to( $GI + T_s$ ) 비율에 따라 결정됩니다. 11ac에서는 최대  $3.2\mu\text{s}/(3.2\mu\text{s} + 400\text{ns})$ , 즉 88.9%였던 이 효율성이 802.11ax에서는 최대  $12.8/(12.8 + 0.8) = 94\%$ 까지 높아져서 피크 처리량이 5.9% 증가하며, 다중 경로의 안정성도 크게 향상됩니다. 또한 802.11ac의 경우 80MHz에서  $3.6\mu\text{s}$ 당 데이터 톤이 234개(OFDM 서브캐리어)인 반면, 802.11ax의 경우 동일한 80MHz에서  $13.6\mu\text{s}(T_s + \text{최소 GI})$ 당 데이터 톤 980개(OFDMA 서브캐리어)로 밀도가 더 높습니다. 이렇게 톤 밀도가 높아지면 동일한 스펙트럼에서 802.11ac에 비해 피크 처리량이 10% 더 증가합니다( $(980/13.6)/(234/3.6) = 1.1$ ).

한편 속도는 공간 스트림의 개수에 정비례합니다. 공간 스트림이 많을수록 송신기와 수신기에 더 많은 안테나, RF 커넥터, RF 체인이 필요합니다. 안테나 간격은 파장의 1/3(5.25GHz에서 3/4인치) 이상이어야 하며, RF 체인이 늘어나므로 전력 소비량이 증가합니다. 특히 물리적인 간격 요구 사항으로 인해 대부분의 모바일 디바이스에서 안테나 개수가 1~2개로 제한됩니다. 이러한 트렌드는 802.11ax를 준수하는 모바일 디바이스에서도 유지될 것으로 보입니다. 하지만 액세스 포인트에서는 물리적 리소스 제약이 그만큼 엄격하지 않기 때문에 초기의 802.11ax 액세스 포인트는 최대 8개의 공간 스트림을 지원할 것으로 예상되며, 이는 현재 802.11ac 제품에서 지원되는 최대 개수의 2배입니다.

표 1에 이러한 3가지 개선 사항이 나와 있습니다.

표 1. 802.11ac 및 802.11ax 속도 계산

PHY	대역폭 (데이터 서브캐리어 개수)		서브캐리어당 데이터 비트 수		OFDM 심볼당 시간 (800ns GI)		1 SS	3 SS	4 SS	8 SS
802.11ac	234(80MHz)	X	$5/6 \times \log_2(256)$ $\approx 6.67$		4 $\mu$ s		390Mbps	1.17Gbps	1.56Gbps	-
	2 x 234 (160MHz)			/		=	780Mbps	-	3.12Gbps	-
802.11ax	980(80MHz)		$5/6 \times \log_2(1024)$ $\approx 8.33$		13.6 $\mu$ s		600Mbps	1.8Gbps	2.4Gbps	4.8Gbps
	2 x 980 (160MHz)						1.2Gbps	3.6Gbps	4.8Gbps	-

### 3.3 IEEE 802.11ax와 결정론

1024 QAM을 사용하여 단일 공간 스트림 내에서 기가비트급 데이터 전송 속도를 제공하면 저밀도 엔터프라이즈 환경에서는 이론상 피크 처리량을 얻을 수 있습니다. 하지만 클라이언트 밀도(및 이에 따른 액세스 포인트 밀도)가 증가하면 이러한 처리량을 얻을 가능성이 낮아집니다. 동일한 BSS(Basic Service Set)(액세스 포인트)에서의 클라이언트 사용량 또는 인접하거나 중복되는 기본 서비스 세트(OBSS)의 클라이언트 및 액세스 포인트에서 네트워크 사용량 또는 채널 경합이 증가하기 때문입니다. 여기서 후자의 처리량 저하 현상을 CCI(Co-Channel Interference)라고 하며, 이는 RF 전파가 이상적인 상태 또는 LOS(Line-Of-Sight)에 가까운 회의실이나 공용 핫스팟과 같이 공개된 장소에서 특히 문제가 됩니다.

널리 알려진 이러한 현상을 해결하기 위해 802.11ax에 OFDMA를 도입했습니다. OFDMA는 셀룰러/LTE 무선 통신 네트워크와 유사하지만 비인가 스펙트럼에서도 Wi-Fi의 안정성이 유지된다는 차이점이 있는 새로운 채널 액세스 메커니즘입니다. 첫째, OFDMA는 각 단일 TXOP(Transmit Opportunity)에서 DL(다운링크) 및 UL(업링크) 모두 다중 클라이언트에 대한 원활한 전송을 보장합니다. 둘째, UL-OFDMA에 다중 사용자 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)가 추가되어 액세스 포인트에 따라 11ax 클라이언트와 802.11ac 클라이언트 간에도 상대적인 채널



---

액세스 우선순위가 달라질 수 있습니다. 두 표준 모두 더 효율적이고 채널 경합으로 인한 패킷 손실 및 지터의 위험이 적을 뿐 아니라, 업링크와 다운링크 전송 모두 액세스 포인트에서 정밀하게 제어할 수 있기 때문에 결정론적인 운영이 가능합니다.

### 3.3.1 리소스 할당의 3가지 측면

802.11ac에서는 여러 사용자가 공간과 시간으로 분리됩니다. 시간 도메인에서는 EDCA를 사용한 분산 방식으로 클라이언트와 액세스 포인트에 전송 기회를 균등하게 할당합니다. 공간 도메인에서는 다중 사용자 MIMO(Multiple-Input-Multiple-Output) 기술을 사용하여 구분하며 전송 안테나의 개수(일반적으로 최대 4개)에 따라 동시 캐스트 기능이 제한됩니다. 두 기술 모두 MU-PPDU(Multiuser Physical layer Protocol Data Unit) 단위로 적용됩니다.

802.11ax에서는 802.11ac와 동일한 공간 및 시간 분리를 그대로 사용하되, 세 번째 다중 사용자 측면인 주파수 분리를 추가했습니다. 802.11ac에서는 간섭을 최소화하기 위해 Wi-Fi 채널(20, 40, 80, 160MHz)을 더 작은 OFDM 하위 채널 여러 개로 분할했습니다. 이 경우 언제라도 단일 사용자에게 각 PPDU 내 모든 서브캐리어를 할당할 수 있습니다. 하지만 OFDMA(802.11ax)에서는 각 서브캐리어 그룹을 PPDU당 리소스 단위로 클라이언트에게 개별적으로 할당합니다(그림 4).

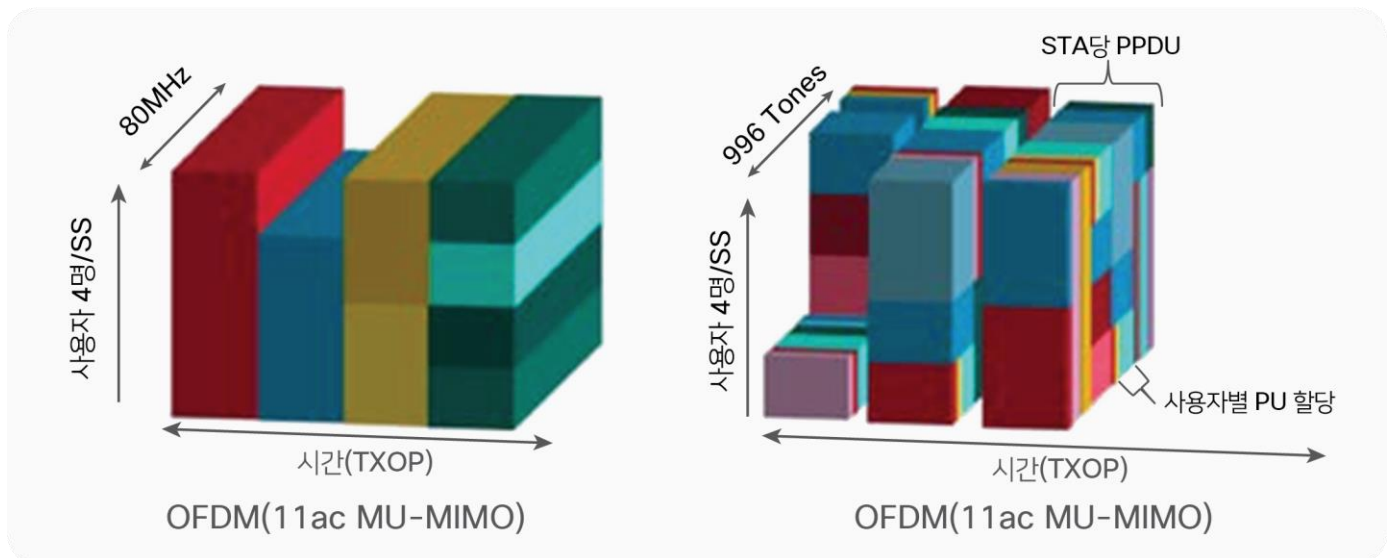


그림 4.  
OFDM과 OFDMA 비교

앞서 언급한 바와 같이 이 세 번째 측면(OFDMA)에는 결정론적 방식과 경합 감소에 따른 효율성 향상과 같은 다양한 장점이 있습니다. 하지만 그와 동시에 QoS(Quality of Service) 제공 방식도 혁신적으로 바뀌게 됩니다. 원래 802.11ac에서는 어떤 액세스 포인트에서 한 클라이언트에 특정 처리량을 제공하고 다른 클라이언트에는 더 많은 처리량을 제공하려면 시간 도메인에서 정확한 수의 다운로드 PPDU를 스케줄링한 다음(예: 큐잉 및 셰이핑 기법 사용) 그저 클라이언트가 UL-PPDU에 충분한 수의 TXOP를 할당하기를 '바랄' 수 밖에 없었습니다. 이러한 비효율성과 예측 불가능성으로 인해 처리량은 물론 지연 시간 및 지터 등 기타 KPI를 보장하기가 어렵습니다.

OFDMA에서는 시간 + 주파수의 다운로드 리소스 단위가 더욱 세분화되며 사상 최초로 업링크의 리소스 단위를 명시적으로 할당할 수 있게 되었습니다. 이러한 양방향 리소스 단위 할당 기능은 LTE RB(Resource Block)와 유사하며, 이를 통해 가상 리소스 또는 5G 용어로 '슬라이스'를 생성할 수 있습니다. 물론 이 802.11ax 슬라이스에 대역폭, 지연, 지터 등 다양한 속성을 지정하여 802.11ac보다 더 정밀하게 QoS를 세분화할 수 있습니다.

### 3.3.2 유연한 저전력 디바이스 스케줄링

이전 세대의 802.11에서는 U-APSD(Unsupported Automatic Power Save Delivery) 또는 WMM-PS(Wi-Fi Multi Media Power-Save)로 휴대폰 같은 저전력 디바이스를 처리했습니다. 이 모드의 클라이언트에서는 액세스 포인트 전송을 즉시 실행하지 않고 버퍼를 둘 수 있습니다. 그 대신 이런 액세스 포인트에서는 TIM(Traffic Indication Message)을 통해 주기적인 비컨으로 데이터 가용성 신호를 보내서 클라이언트가 무선 수신기의 전원을 끈 상태로 유지하다가(절전) 비컨이 수신될 때만 주기적으로 작동되게 할 수 있습니다(대개 102.4ms 단위로 작동). 하지만 이렇게 엄격히 비컨 제한 때문에 주기적인 채널 액세스는 필요하지 않지만 항상 전화를 받을 준비를 갖추고 있어야 하는 IoT 디바이스(예: 휴대폰)의 절전 가능성에 한계가 있습니다.

OFDMA 예약 기능이 새로 추가된 802.11ax에서는 TWT(Target-Wakeup Time)라는 새로운 절전 모드를 만들 수 있습니다. TWT를 사용하면 액세스 포인트 비컨과 디바이스 절전 시간 간의 긴밀한 상관관계가 사라지며, 일반적으로 스테이션에서 향후 원하는 시점에 웨이크업 예약을 요청할 수 있습니다. 따라서 배터리로 구동되는 디바이스, 특히 IoT 디바이스의 사용 전력이 크게 절약됩니다(그림 5).

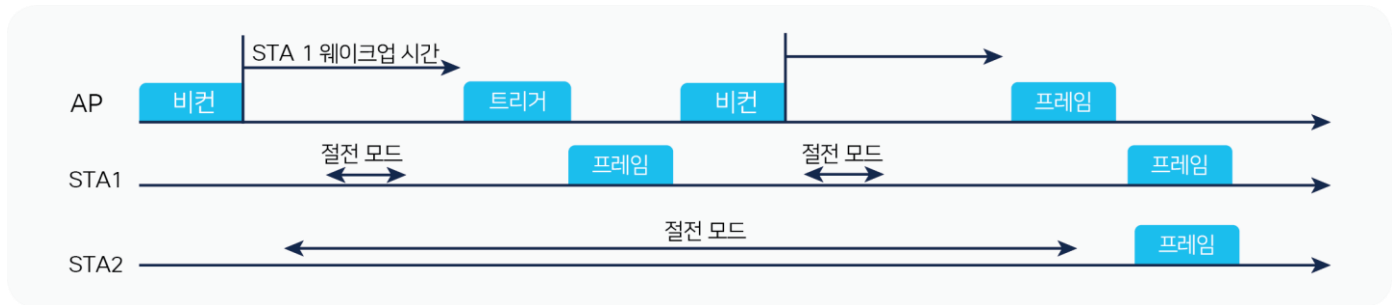


그림 5. TWT(Target Wakeup Time) 운영

TWT의 커다란 이점은 UL-OFDMA와 유사한 업링크 스케줄링도 가능하다는 점입니다. 즉, TWT는 요청에 따라 사전 지정된 웨이크업 시간이 되면 효과적으로 클라이언트를 절전 모드로 유도하기 때문에 결정론적인 전송 시간과 업링크 스케줄링이 가능합니다. 액세스 포인트는 이로써 채널 경합을 줄이고(채널 사용량이 더욱 분산됨) 애플리케이션의 지연 민감도를 완화할 수 있습니다.

### 3.3.3 스케줄링의 불확실성을 최소화하면서 용량을 증대하는 방법

비인가 스펙트럼에서는 총 시스템 용량이 현저히 줄어들 뿐 아니라, 일반적으로 인접한 액세스 포인트(예: 타 네트워크)와 조율되어 있지 않아 액세스 포인트 스케줄링 작업과 충돌하기 때문에 CCI 관리가 매우 중요합니다. IEEE 802.11ax는 자체 셀(BSS) 전송을 다른 셀(BSS 또는 OBSS) 전송과 구분한다는 원칙에 따라 CCI를 관리하는 정교한 메커니즘을 제공합니다.

특히 802.11ax는 하나의 BSS 내에 있는 클라이언트/액세스 포인트에서 약간 떨어진 다른 BSS의 프레임을 무시할 수 있는 동적 OBSS-PD(OBSS Packet Detection)를 지원합니다. 이렇게 설정하려면 자체 BSS 멤버와의 통신에 적합한 CCA(Clear-Channel-Assessment) 임계값과 최소 TXP(Transmit Power) 수준을 동적으로 선택하면 됩니다.

그림 6에 이 구성이 나와 있습니다.

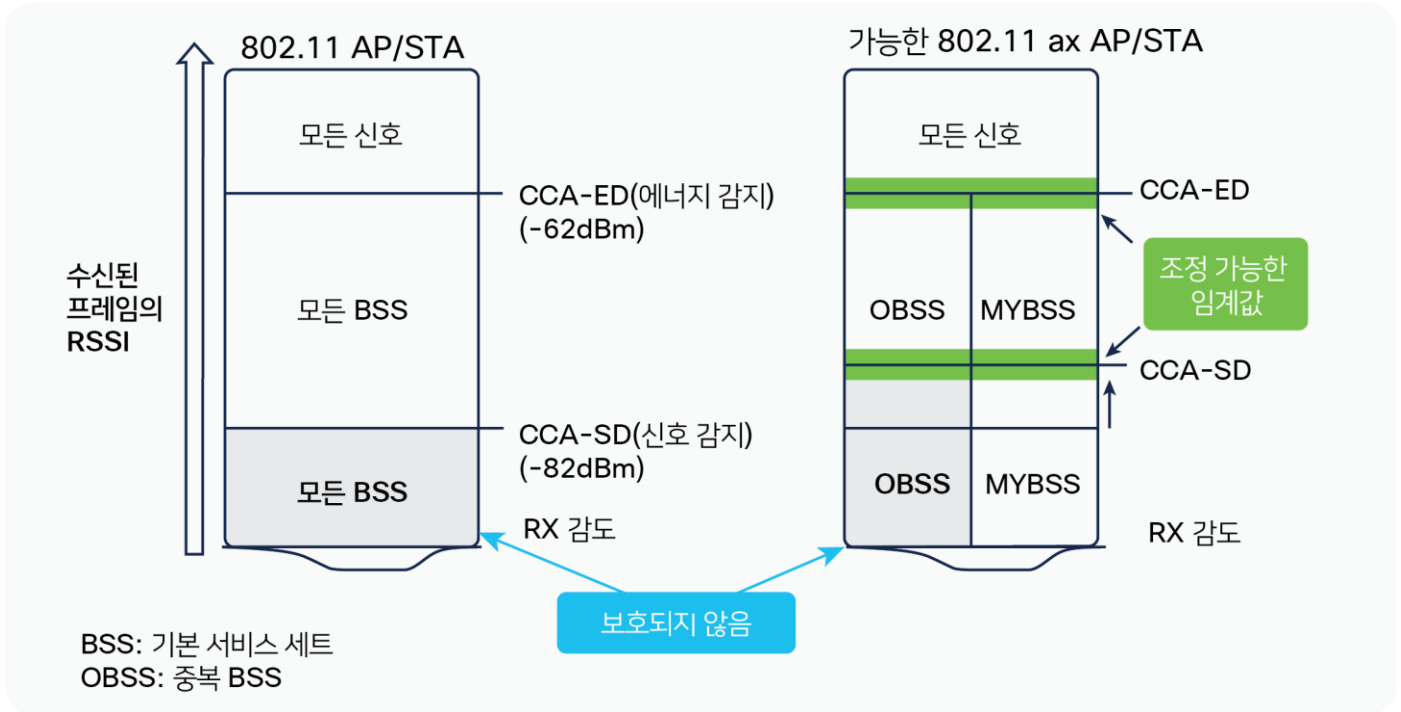


그림 6.  
OBSS 및 BSS Color 운영

시스템 용량이 증가한다는 장점도 있지만, 서비스를 제공하는 액세스 포인트/클라이언트의 TXOP가 인접한 인가(또는 비인가) 액세스 포인트/클라이언트에 의해 지연될 가능성이 훨씬 낮기 때문에 레이턴시 변동이 크게 감소한다는 점이 더 중요합니다.

### 3.4 더욱 강화된 IEEE 802.11ax

802.11의 당면 과제 중 하나는 클라이언트에 필요한 커버리지와 시스템 전체의 성능 요구 사이에서 균형을 잡는 것입니다. 802.11ac에서는 한 번에 한 디바이스만 통신할 수 있었기 때문에 스펙트럼을 최대한 활용하려면 클라이언트의 최소 데이터 전송 속도를 높게 유지해야 했습니다. 이 경우 전체적인 성능을 위해 커버리지를 포기하게 됩니다. 하지만 OFDMA에서는 동시에 여러 사용자가 매체에 액세스하며 각 사용자가 채널에 미치는 영향이 더 작기 때문에 그럴 필요가 없습니다. 이에 따라 802.11ax 설계자들은 다음과 같이 커버리지를 확대할 수 있었습니다.

- 낮은 속도의 저전력 모드 도입
- 유연한 PHY 타이밍 사용

리소스 단위가 작을수록(OFDMA 서브캐리어 수 적음) 필요한 총 에너지가 줄어들면서도 동일한 SNR(Signal-to-Noise Ratio)을 유지할 수 있기 때문에, 데이터 전송 속도가 매우 낮으면 원거리 또는 잡음이 심한 환경에서의 디코딩 문제가 해결됩니다. 802.11ac에서 가장 작은 채널은 20MHz인 반면 802.11ax에서 가장 작은 리소스 단위는 2MHz이므로 잡음이 8dB나 대폭 감소하고 필요한 신호 전력도 8dB 낮아집니다. 다시 말해 802.11ax는 8dB 더 많은 잡음을 허용하며 비트 레이트가 낮은 클라이언트(예: IoT 텔레메트리 데이터)에 더 넓은 커버리지를 제공할 수 있습니다.

유연한 PHY 타이밍과 GI(Guard Interval)는 OFDM 심볼의 '에코' 에너지가 다음 OFDM 심볼로 유출되어 ISI(Inter-Symbol- Interference)를 유발하는 다중 경로 페이딩(예: 실외) 문제를 해결합니다. 강화된 GI를 통해 현재 셀룰러/LTE 기술을 사용하는 실외 환경의 처리량이 최대 2배까지 증가한다고 볼 수 있습니다. 위의 두 기능이 결합되어 Wi-Fi 운영자가 저속 IoT 분야를 위한 4G LTE 및 5G-NR에 필적할 만한 매력적이고 비용 효율적인 Wi-Fi 기반 솔루션을 제공할 수 있습니다.

그림 7에서 보듯이 RF 채널 공간이 협소하면(예: 실내 소형 셀) DS(Delay Spread) 또는 최단 경로와 최장 경로 간 차이가 작기 때문에(예: 300ft) 작은 DS를 보입니다(예: 300ns). 하지만 RF 채널 공간이 크면(예: 실외 대형 셀) DS가 큼니다. 예를 들어 한 신호 컴포넌트는 LOS이고 다음 컴포넌트는 멀리 떨어진 건물에 위치하여 경로 차이가 약 1km(3,200ft)에 달하는 경우에는 굉장히 높은 DS를 보입니다(3.2 $\mu$ s). 802.11ax 및 LTE와 같은 모든 OFDMA 시스템에서는 ISI 또는 특정 신호 버전의 시간 중복으로 인한 디코딩 오류를 최소화하기 위해 OFDMA GI(Guard Interval)가 DS(Delay Spread)보다 길어야 합니다. 따라서 실외(예: 도시) 또는 부분 실외(예: 스타디움 또는 핫스팟) 채널을 지원할 수 있도록 802.11ax의 GI를 802.11ac의 원래 사양인 0.8 $\mu$ s에서 1.6 $\mu$ s, 또는 채널 유형에 따라 3.2 $\mu$ s까지 확장 가능하게 설계했습니다.

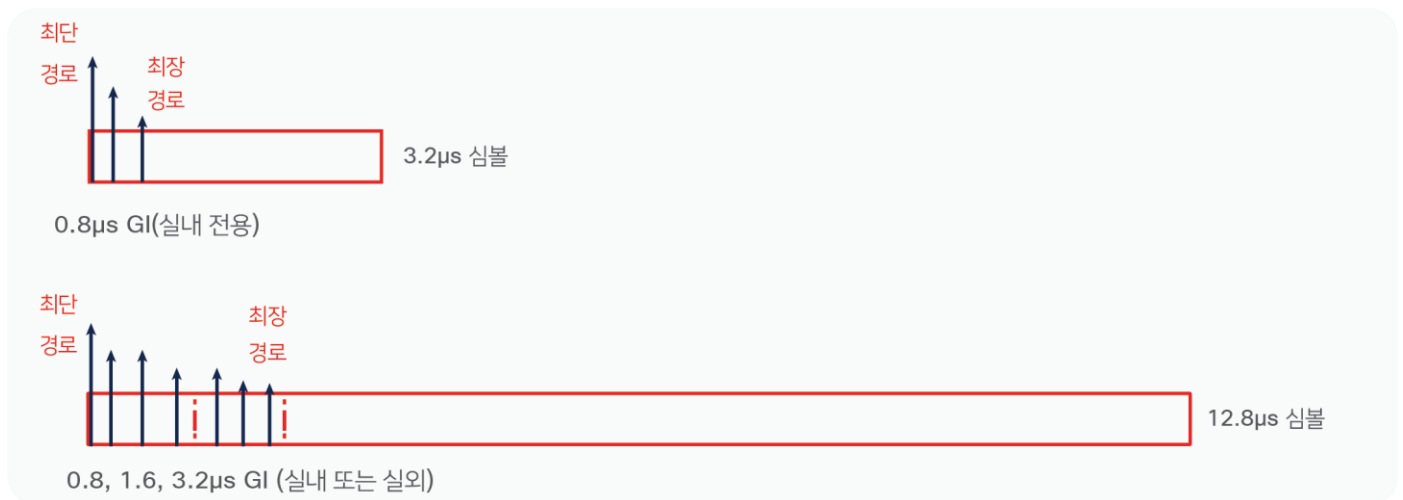


그림 7.  
PHY 타이밍 옵션

### 3.5 기술 개요

#### 3.5.1 OFDMA와 리소스 단위 할당

리소스 단위, 즉 연속적인 OFDMA 서브캐리어('톤')를 동일 PPDU의 각 클라이언트 또는 STA(스테이션)에 할당하는 기능은 여러 802.11 버전 중 802.11ax에서만 제공됩니다. 가장 작은 리소스 단위가 톤 26개(2MHz)이고 가장 큰 단위가 2 x 톤 996개(160MHz)이기 때문에 총(평균) 성능과 피크 처리량 사이에서 매우 유연하게 비율을 조정할 수 있습니다. 또한 802.11ax는 다중 사용자 MIMO를 지원하며 각 STA에 1~8개의 SS(공간 스트림)를 할당할 수 있습니다(그림 8 참조).

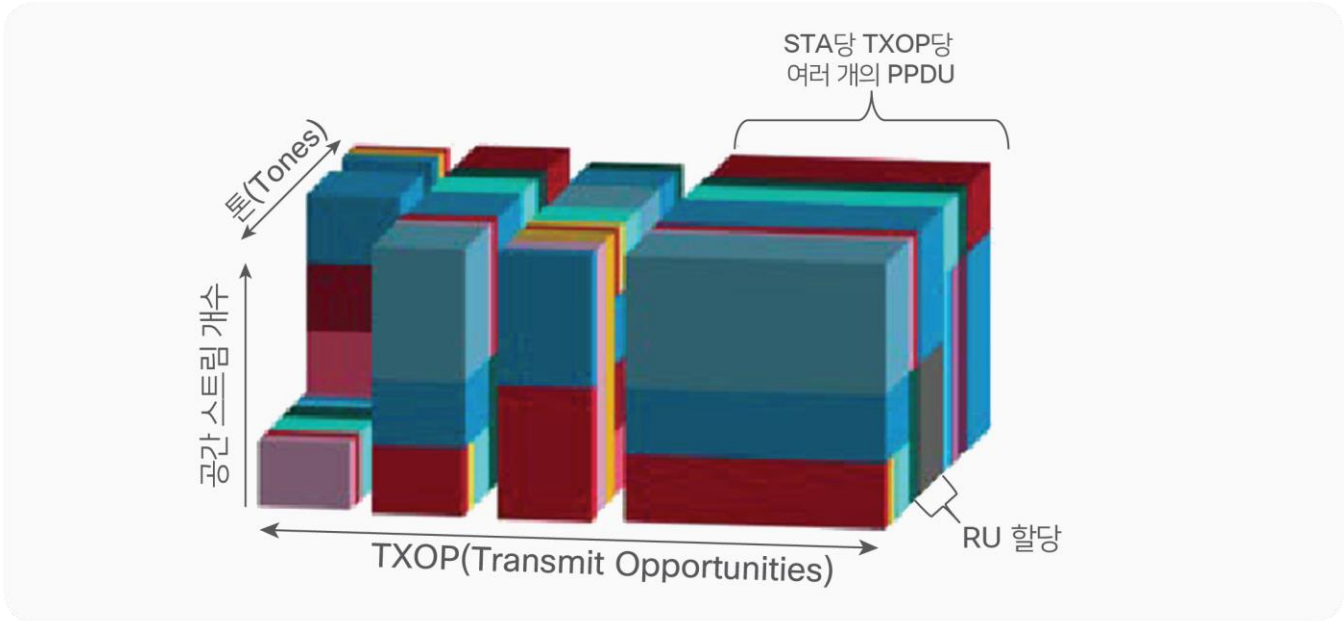


그림 8.  
OFDMA 리소스 측면

일반적인 다운링크 OFDMA 작동 방식은 다음과 같습니다.

1. 액세스 포인트가 이 TXOP 내 STA 개수와 각 리소스 단위의 크기를 결정하며, PPDU의 프리앰블 내 필드에 이를 표시합니다.
2. 액세스 포인트가 할당된 리소스 단위(MU-PPDU) 내 여러 STA로 다운링크 데이터를 전송합니다.
3. 액세스 포인트가 모든 STA에 블록 수신 확인을 요청합니다(MU-BAR).
4. STA가 다시 액세스 포인트로 블록 ACK를 전송합니다(M-BA).

일반적인 업링크 OFDMA 작동 방식은 다음과 같습니다.

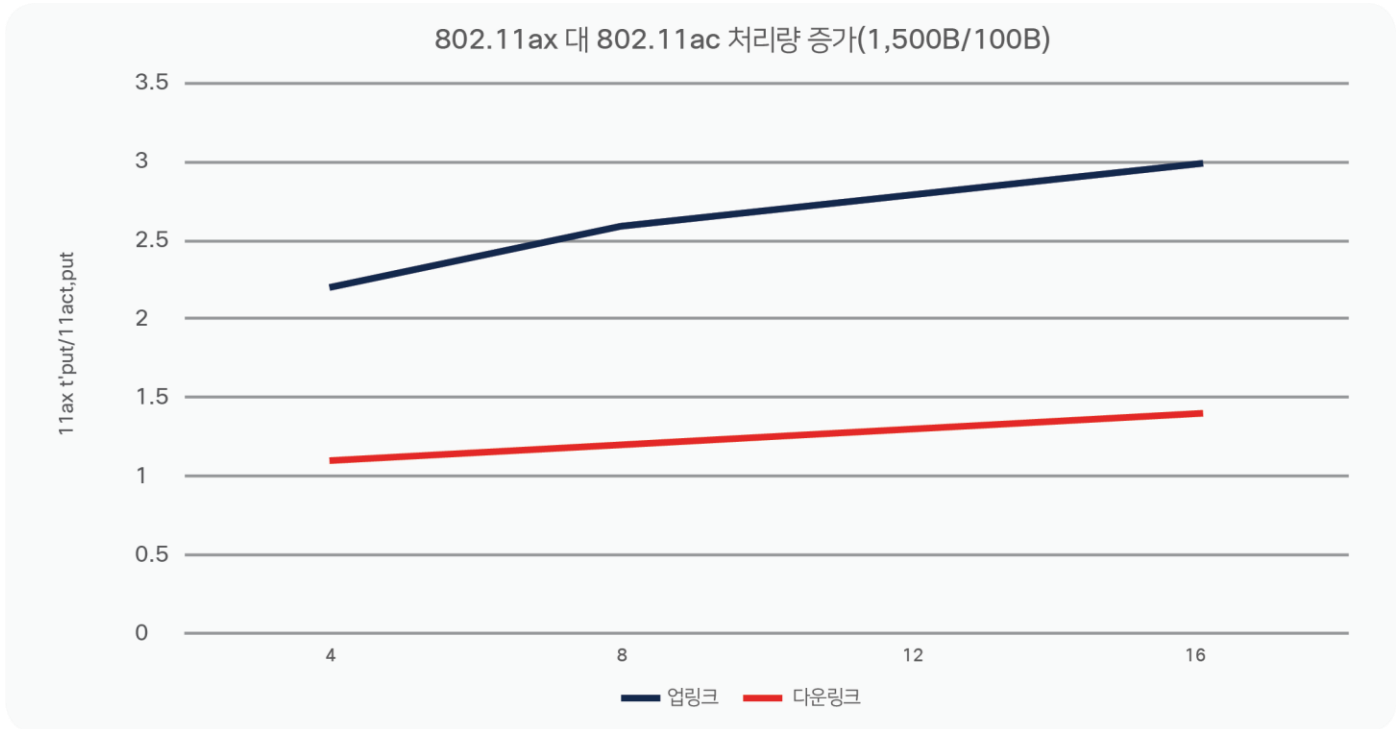
5. 액세스 포인트가 데이터를 요청할 STA와 각 STA에 할당할 리소스 단위 수를 결정합니다.
6. 액세스 포인트가 트리거(HE Trigger)를 통해 STA에 데이터를 요청하거나 폴링합니다.
7. STA가 데이터를 보내 응답합니다(업링크 MU-PPDU).
8. 액세스 포인트가 ACK로 응답합니다(M-BA).

802.11ac와 달리 802.11ax 액세스 포인트는 PPDU당 다운링크 및 업링크 리소스 단위 할당을 제어하며, 주파수 및 공간 도메인에서 이를 액세스 포인트 스케줄링 형태로 확인할 수 있습니다. 802.11ax는 인가 스펙트럼 LTE와 유사한 시간 기반 스케줄링을 공식적으로 지정하지 않지만, 기본 프레임워크가 이미 갖추어져 있으며 순수한 802.11ax 네트워크에는 우수한 스펙트럼 및 간섭 관리 기능이 있기 때문에 고급 큐잉 또는 QoS 기법을 사용하여 셀룰러와 유사한 결과를 얻을 수 있습니다.

증강 현실, 가상 현실, IoT와 같이 레이턴시에 민감한 미션 크리티컬 애플리케이션의 경우, 고효율 처리량 및 결정론적 방식이라는 바람직한 특성을 구축하려면 액세스 포인트 스케줄링 기능이 매우 중요합니다. 마찬가지로, 우수한 경험을 제공하기 위해서는 STA에서 액세스 포인트의 명령을 지원해야 합니다. 벤더는 바로 이 부분에서 차별화된

우위를 보여야 하며, 이때 액세스 포인트와 STA 간의 상호운용성이 최고의 성능을 실현하는 데 핵심적인 역할을 수행합니다.

그림 9에 동시 클라이언트(STA)를 기준으로 한 802.11ac 대비 다운링크 및 업링크 처리량 증가분이 나와 있습니다. 예를 들어 STA가 4개인 경우, 802.11ax 다운링크 처리량(대형 1500B 패킷)은 802.11ac에 비해 10%밖에 크지 않지만 업링크 처리량은 802.11ac의 2.2배(120% 증가)입니다. 일반적으로 각 TXOP 또는 채널 액세스에서 실행되는 클라이언트와 액세스 포인트의 수가 많을수록 특히 음성, 비디오 또는 TCP ACK와 같은 소형 패킷에서 액세스 포인트의 효율성이 802.11ac에 비해 크게 향상됩니다.



**그림 9.**  
STA 기준 다운링크 및 업링크 증가

### 3.5.2 1024 QAM

3/4 및 5/6 코딩 속도에 1024 QAM을 결합하여 2개의 새로운 MCS(Modulation and Coding Schemes) 10 및 11을 생성함으로써 802.11ax에 1024 QAM을 도입했습니다. 802.11ac 256 QAM에 비해 원시 속도가 10/8(25%) 향상된 802.11ax는 단일 안테나로 기가비트 속도를 달성한 최초의 상용 무선 기술입니다.

1024 QAM이 전체적인 셀 처리량에 미치는 효과는 큰 셀(5,000ft 초과)보다 크기가 작고 밀도가 높은 셀(2,500ft 미만)에서 더 클 것으로 예상되지만, 무선 헤드셋(HMD)을 사용하는 몰입형 엔터프라이즈급 가상 현실과 같은 새로운 기능을 4.8Gbps의 피크 속도로 실현할 수 있어 매우 바람직한 결과를 얻을 수 있을 것으로 보입니다.

빠른 속도로 인해 포인트 밀도가 50% 높아져 SNR 요구 사항이 약 6dB 증가합니다. 하지만 802.11ac와 달리 802.11ax는 Tx 안테나 8개 및 Rx 안테나 8개를 지원하도록 설계되었으므로 전송 빔포밍과 MRC(Maximal-Ratio-Combining) 이득을 늘려 이러한 차이를 쉽게 만회할 수 있습니다. Wi-Fi 구축 측면에서, 설계자는 필요한 네트워크 용량에 따라 피크 속도를 고려해야 합니다.



그림 10의 Ekahau 히트맵에서 확인할 수 있듯이, 일반적인 기업 사무실의 1024 QAM 커버리지 영역(MCS 10-11)은 예상대로 256 QAM(MCS 8-9)보다 작습니다. 하지만 액세스 포인트의 핵심 영역은 충분히 포함되며, 사용자는 디바이스 기능에 따라 기가비트급 속도를 누릴 수 있을 것입니다.



그림 10.  
Ekahau 히트맵

### 3.5.3 SR(Spatial Reuse) 및 OBSS 운영

802.11 CSMA 기반 네트워크를 비롯한 모든 무선 시스템에서 동일한 물리적 공간에서 동일한 RF 채널을 공유하는 데는 항상 어려움이 따릅니다. 802.11은 다른 표준보다 안정적이고 원활하기는 하지만 자체 QoE(Quality of Experience)를 극대화하기 위해 클라이언트(STA)와 액세스 포인트가 여전히 독립적으로 작동합니다. 예를 들어 연결된 액세스 포인트가 가까이 있는데 너무 많은 전력을 사용하여 불필요한 간섭이 발생하는 클라이언트도 있고, 간섭이 있는데도 전력을 너무 적게 사용하여 액세스 포인트에 도달하지 못하는 클라이언트도 있습니다.

중요한 것은 STA에서 어떤 채널이 '전송 가능'하다고 판단하는 신호 수준(RSSI) 또는 우리가 CS(Carrier Sense)라고 부르는 것이 최소한의 기대 성능과 개별 밴드의 성능 강화 조치를 기준으로 지금까지 유지되어 왔다는 점입니다. 하지만 앞으로 802.11ax는 다음 4가지 개념을 공식화하여 이러한 동작을 표준화하고 최적의 성능 개선을 보장하고자 합니다.

1. OBSS(Overlapping Basic Service Set)는 STA가 연결된 BSS(액세스 포인트 및 연결된 STA)와 STA가 연결되지 않은 인접 BSS 간의 중복 또는 간섭입니다.
2. BSS Color는 같은 RF 채널의 여러 BSS(액세스 포인트 및 해당 클라이언트)를 구분하는 방식입니다.
3. OBSS PD(Packet Detection)는 다른 BSS(OBSS)에서 오는 신호를 감지하는 기능입니다.



#### 4. CCA(Clear Channel Assessment) 임계값 제어는 연결된 액세스 포인트와 현재 전송에 따라 디바이스에서 CCA 민감도를 변경하는 기능입니다.

이러한 개념을 결합하면 엔터프라이즈 및 통신 사업자가 구축하는 네트워크 등 관리형 네트워크에서 간섭을 효과적으로 관리할 수 있습니다. 특히 클라이언트와 액세스 포인트는 이를 통해 필요한 패킷 감지 임계값 또는 '혼잡' 신호 임계값과 TX(송신 전력) 수준에 암묵적으로 동의할 수 있습니다.

BSS Color의 작동 방식은 다음과 같습니다.

- 각 BSS(액세스 포인트)에서 다른 '색상'(신호 프리앰블 또는 SIG의 6비트)을 사용합니다.
- 각 STA는 연결 시 자체 BSS를 인식하며, 따라서 다른 BSS는 OBSS가 됩니다.
- BSS 색상이 동일한 신호는 낮은 RSSI 임계값을 사용하여 지연시킴으로써 동일 BSS 내 충돌을 최소화합니다.
- BSS 색상이 다른 신호는 높은 RSSI 임계값으로 지연시킴으로써 동시 전송 용량을 늘립니다.

기본적으로 이러한 체계에서는 액세스 포인트당 용량을 높이기 위해 유비쿼터스 공정성(모든 STA가 공정한 기회를 가지고 TXOP 경합)을 어느 정도 포기합니다(자체 BSS의 STA 우선). 관리형 HD(High-Density) 엔터프라이즈 네트워크에서는 이러한 기법이 효과적이지만, 비관리형 환경에서는 이 기능의 효과가 떨어지거나 심지어 클라이언트 성능을 저해할 수도 있습니다. 전반적으로 볼 때 이 기능은 RF 설계 순수주의자에게 완벽한 솔루션은 아니지만, 적절히 사용하면 개별 STA 동작으로 인해 셀 전체의 성능 저하가 발생하는 각종 상황을 우회적으로 개선할 수 있습니다.

이 시점에서 이러한 기본 기능을 엔터프라이즈 또는 통신 사업자 솔루션으로 강화할 방법을 고려해야 합니다. 첫째, STA는 IT가 인식하는 RF 상태에 대응하기 때문에 최고의 QoE를 제공하기 위해서는 클라이언트가 인식하는 네트워크의 정확한 상태를 Wi-Fi 또는 WLAN 인프라에서 파악할 수 있어야 합니다. 실제로, 에코시스템에 다양한 클라이언트가 존재한다면 WLAN이 클라이언트에 관한 내역 또는 분석 데이터를 많이 수집할수록 좋습니다. 둘째, 액세스 포인트는 연속적인 서비스를 제공하기 위해 그룹으로 함께 작동합니다. 따라서 자체 BSS와 타 BSS 양쪽 모두에 최적의 CCA 임계값을 끌어내려면 RRM(Radio-Resource-Management) 기능이 STA에 적합한 조건(예: 셀 엣지)을 제공하는 것이 핵심입니다. 즉, RRM이 RF 할당 결정을 내릴 때 BSS\_COLOR 및 OBSS\_PD를 인식해야 합니다. 어떤 경우든 BSS\_COLOR 및 OBSS\_PD는 엔터프라이즈 및 통신 사업자 네트워크의 QoE와 용량을 모두 크게 향상하여 기존 HD 활용 사례를 개선하고 Wi-Fi 운영자에게 새로운 비즈니스 모델을 제공할 것입니다.

#### 3.5.4 원거리 속도

802.11ax는 더 빠른 속도를 제공할 뿐 아니라 802.11a/g/n/ac보다 넓은 범위를 제공합니다. 특히 최소한의 리소스 단위 할당(26개 톤, 2MHz)을 통한 낮은 유효 데이터 전송 속도를 활용하여 802.11ac에 비해 최대 8dB 확대된 링크 예산을 제공할 수 있습니다. 증가량은 그림 11을 참조하십시오.

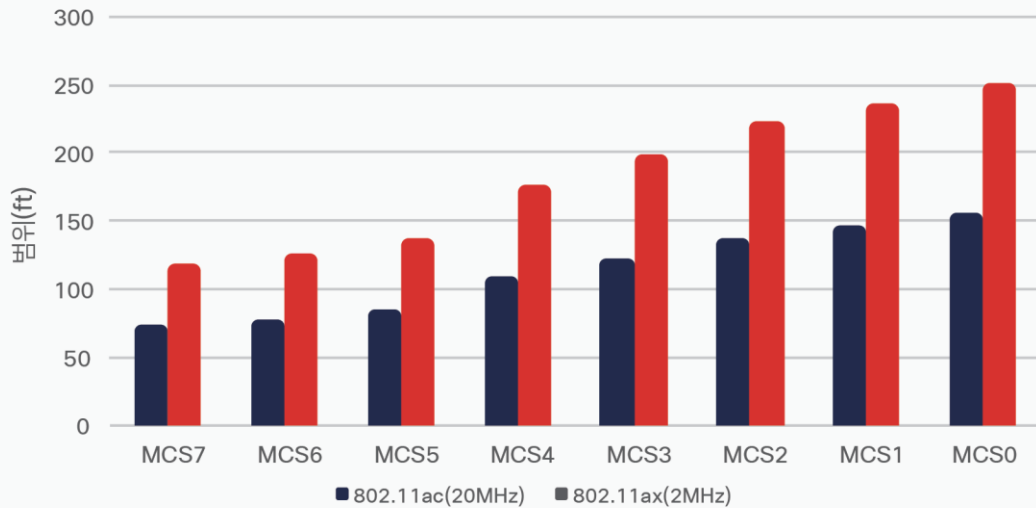


그림 11.  
IEEE 802.11ax 2MHz 범위 확대(실내 5GHz NLOS)

## 4 11ax 시행 시기

IEEE 802.11ax 지원 제품은 IEEE와 Wi-Fi Alliance 관계자들의 노력이 축적된 결과물입니다. IEEE 802.11ax는 2017년 9월 초안 2.0 수정본이 승인되었고, 2018년 5월 초안 3.0 개정을 거쳐 2019년 말에 최종 수정본이 발표되었습니다. 이에 발맞춰 Wi-Fi Alliance에서는 초안 2.0과 같은 초기 IEEE 안을 2019년 중반의 초기 제품부터 상호운용성 인증 기준으로 사용했습니다.

## 5 11ax의 영향

### 5.1 호환성

호환성 등의 영향은 걱정할 필요가 없습니다.

IEEE 802.11ax는 802.11a/g/n/ac 디바이스와의 호환성 및 역호환성을 극대화하도록 세심하게 설계되었습니다. 실제로 802.11ax 호환성 설계는 802.11n의 802.11a 디바이스 호환성보다 훨씬 간편하고 완성도가 높습니다.

802.11ax 디바이스는 802.11a/g/n 및 802.11ac의 모든 필수 모드를 지원해야 합니다. 802.11ax 액세스 포인트는 802.11a/g/n 또는 802.11ac 형식의 PPDU를 사용하여 802.11a/g/n 및 802.11ac 클라이언트와 통신할 수 있습니다. 이러한 액세스 포인트는 802.11ac 액세스 포인트와 같은 용도로 사용할 수 있습니다. 마찬가지로, 802.11ax 클라이언트는 802.11a/g/n 또는 802.11ac PPDU를 사용하여 802.11a/g/n 또는 IEEE 802.11ac 액세스 포인트와 통신할 수 있습니다. 따라서 802.11ax 클라이언트로 인해 기존 인프라에 문제가 발생하지 않습니다.

802.11ax 형식 패킷의 프리앰블(그림 12 참조)은 기존의 802.11a/g 형식 패킷이 확장된 것입니다. 이러한 확장을 통해 802.11a/g/n 및 802.11ac 디바이스에 이미 사용 중인 기존 CCA 메커니즘을 802.11ax 환경에서도 계속해서 사용할 수 있습니다. 이러한 디바이스는 802.11ax 프리앰블을 인식하는 즉시 PPDU 기간을 파악하고 시간 요청을 받아들일 수 있습니다. 일반적으로 PPDU에 이어 802.11a/g 형식 PPDU로 Ack 또는 Block Ack 프레임이 전송되기 때문에 기존 디바이스와의 호환성이 보장되며, 모두 정해진 시간 일정을 받아들인 다음 평소와 같이 경합과 전송을

계속합니다. 최악의 경우, 디바이스에 802.11ax PPDU가 수신되었는데 Ack 또는 Block Ack(숨겨진 노드)를 전송하는 스테이션의 범위를 벗어나 있을 수 있습니다. 이 경우에는 관찰하는 스테이션 쪽에서 연장된 기간(EIFS) 동안 기다리면서 예상 Ack 또는 Block Ack가 전송되기까지 시간을 확보하여 충돌의 위험을 줄입니다.



**그림 12.**  
802.11ax 신호 형식

이러한 프리앰블 수준의 호환성 덕분에 802.11ax 디바이스는 802.11ax 전송에 앞서 CTS 또는 RTS/CTS 전송을 하지 않아도 됩니다. 단, 긴 PPDU를 보호하기 위해 원한다면 이를 구현하고 전송할 수는 있습니다. 하지만 802.11ax는 다중 사용자 RTS/CTS 기능을 추가하며, 액세스 포인트는 이를 통해 단일 MU-RTS PPDU와 동시에 다중 STA를 위한 채널을 예약(NAV 설정)한 다음 여러 STA의 동시 CTS PPDU를 통해 확인할 수 있습니다. 이것은 802.11ax 전송의 보호 수준을 높이는 한편 아직도 802.11ac 네트워크에 널리 사용되는 단일 사용자 RTS/CTS의 비효율성 문제를 해결하는 방법입니다.

## 5.2 802.11로 업그레이드해야 하는 시점

엔터프라이즈 및 통신 사업자 고객은 다음 2가지의 우수한 기술 중에서 선택할 수 있습니다.

- IEEE 802.11ac: MU-MIMO, 빔포밍, 80MHz에서 290~1,300Mbps 속도 제공
- IEEE 802.11ax: 클라이언트에 최대 8 SS, 600~1,800Mbps(1024 QAM)의 속도와 함께 최신 애플리케이션을 위한 추가적인 예측 가능성 제공

IEEE 802.11ac는 현재 사용 가능하며 대부분의 고객 활용 사례에서 안정적인 서비스를 제공합니다.

IEEE 802.11ax는 미래의 무선 LAN이지만, Wi-Fi 인증이 가능한 802.11ax 액세스 포인트는 몇 개월 뒤부터 사용할 수 있습니다. 802.11ax를 지원하는 클라이언트(스마트폰, 태블릿, 노트북 등)도 2019년부터 출시되었습니다. IEEE 802.11ax가 제공하는 서비스는 다음과 같습니다.

- 먼 거리의 여러 동시 사용자에게 4K/8K 비디오 제공(10대 자녀를 둔 부모를 위한 안심 기능)
- UHD(Ultra-High-Density) 클라이언트
- 특히 IoT 디바이스를 위한 AR/VR 애플리케이션 및 상당한 절전 효과

대부분의 엔터프라이즈 고객은 건물에 설비를 도입하거나 공간을 보수할 때 새 액세스 포인트를 구축합니다. 이러한 고객의 경우, 현재 가치가 있는 802.11ac Wave 2 액세스 포인트를 설치하는 것이 좋습니다. 802.11ac는 당장 기가비트 이상의 속도를 제공할 수 있고 802.11ax는 향후 이러한 속도를 제공할 수 있으므로 LAN 및 WAN 네트워크 인프라(포트 시드)도 고려하여 미래를 위한 투자 계획에 이러한 가치 평가를 반영해야 합니다.

결정론적 방식과 예측 가능성을 요구하는 미션 크리티컬 애플리케이션이 점점 늘어나고 있습니다. IoT의 규모는 계속해서 예상보다 빠르게 커지고 있습니다. 그러므로 지금 당장 802.11ax를 고려하지 않으면 늦을 수도 있습니다.

802.11ax로 얻을 수 있는 추가 가치는 계산상의 가격 차이를 넘어서며, 기존의 운영 환경을 저해하지 않고 투자를 보호할 수 있기 때문입니다.

## 6 요약

IEEE 802.11ax는 미래가 기대되는 무선 LAN의 새로운 단계입니다.

이 6세대 Wi-Fi는 더욱 빠르고 효과가 우수할 뿐만 아니라 다음과 같은 새로운 비즈니스 모델과 활용 사례를 제공합니다.

- 통신 사업자의 부담 완화
- IT/IoT 통합
- 엔터프라이즈급 4K/8K 비디오 또는 증강/가상 현실과 같은 실시간 애플리케이션

다른 혁신적인 Wi-Fi 기술과 마찬가지로 802.11ax는 이전 버전과 호환되므로 기존 기술의 토대 위에 구축되어 효율성을 더해줍니다. 따라서 Installed Base의 원활한 전환이 가능하며 고객 기반을 802.11ax로 통합하는 과정에서 지속적인 이익을 얻을 수 있습니다. 이 기술의 클라이언트 밀도는 아직 확정되지 않았지만, 그럼에도 802.11ax는 공개되는 즉시 사용을 고려할 만한 가치가 있습니다. 한편 무선 LAN에 장기적으로 투자하고자 하는 엔터프라이즈 및 통신 사업자 고객은 802.11ac 액세스 포인트를 긍정적으로 고려해 보아야 합니다.

## 구매 방법

구매 옵션을 확인하고 시스코 영업 담당자와 상담하려면 <https://engage2demand.cisco.com/LP=15454>로 문의해 주세요.

미주 지역 본부  
Cisco Systems, Inc  
San Jose, CA

아시아 태평양 지역 본부  
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.  
싱가포르

유럽 지역 본부  
Cisco Systems International BV Amsterdam,  
네덜란드

Cisco는 전 세계에 200여 개 이상의 지사가 있습니다. 주소, 전화 번호 및 팩스 번호는 Cisco 웹사이트 [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices)에서 확인하십시오.

Cisco 및 Cisco 로고는 미국 및 기타 국가에서 Cisco Systems, Inc. 및/또는 계열사의 상표 또는 등록 상표입니다. Cisco 상표 목록을 확인하려면 [www.cisco.com/go/trademarks](http://www.cisco.com/go/trademarks)로 이동하십시오. 언급된 타사 상표는 해당 소유주의 재산입니다. "파트너"라는 용어는 Cisco와 기타 회사 간의 파트너 관계를 의미하지는 않습니다. (1110R)

미국에서 인쇄

C11-740788-03 04/20