



WHITEPAPER

Wi-Fi 6: Technologie naar een hoger niveau

Bekijk de voordelen en mogelijkheden van Wi-Fi 6 (802.11ax). Je vindt het in deze whitepaper.





Introductie

De IEEE 802.11 werkgroep, opgericht in 1990, publiceerde zijn eerste Wi-Fi-standaard in 1997. Sindsdien heeft de snelle adoptie van Wi-Fi-apparaten, streamingdiensten en applicaties ervoor gezorgd dat gebruikers ontelbare innovatieve digitale oplossingen worden geboden, zowel voor consumenten als zakelijk.

Deze gemakken komen echter niet zonder uitdagingen. De behoefte aan constante connectiviteit brengt toenemende prestatie-eisen met zich mee voor het Wi-Fi-netwerk, waaronder grotere capaciteit, snellere snelheden en een hogere kwaliteit van de gebruikerservaring, evenals de noodzaak voor Wi-Fi-netwerken om betrouwbaar te werken in drukke en overbelaste omgevingen.

Voor iedere organisatie is Wi-Fi een fundamentele technologie geworden ter ondersteuning van hybride werkomgevingen en zal het essentieel blijven om een toekomst mogelijk te maken met steeds diversere personeelsbestanden die samenwerken op verschillende locaties.

Wi-Fi is niet langer een opkomende technologie. Het is een wereldwijde noodzaak geworden voor zowel zakelijk als persoonlijk gebruik.

Wi-Fi 6: the new generation

De uitdaging voor draadloze technologie is een toenemend gebruik van high-throughput applicaties, een hogere dichtheid van draadloze apparaten en veranderende netwerkbehoeften.

Sinds de eerste Wi-Fi-standaard meer dan 20 jaar geleden werd gepubliceerd, hebben snellere modulatie- en coderingsschema's (MCS's), bredere kanalen, aanvullende frequentiebanden en technologieën zoals multiple-input, multiple-output (MIMO) en orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA) - om er maar een paar te noemen - de uitdagingen aangepakt waarmee Wi-Fi-netwerken worden geconfronteerd. Ze vergroten zowel de prestaties als de doorvoersnelheid, om te kunnen voldoen aan de groeiende eisen van gebruikers met betrekking tot netwerken en apparaten.



Net als andere breedbandtechnologieën heeft elke generatie Wi-Fi (Tabel 1) zich aangepast en geëvolueerd om te voldoen aan opkomende nieuwe connectiviteitsuitdagingen, naarmate het aantal apparaten, toepassingen en hun vereisten blijft veranderen en groeien.grow

TABLE 1: WI-FI GENERATIONS

Generation	IEEE standard	Max. throughput	Year adopted	Radio frequency (GHz)
Wi-Fi “0”*	802.11	2 Mbps	1997	2.4
Wi-Fi “1”*	802.11b	11 Mbps	1999	2.4
Wi-Fi “2”*	802.11a	54 Mbps	1999	5
Wi-Fi “3”*	802.11g	54 Mbps	2003	2.4
Wi-Fi 4	802.11n	600 Mbps	2008	2.4/5
Wi-Fi 5	802.11ac	6.8 Gbps	2014	5
Wi-Fi 6	802.11ax	10 Gbps	2019	2.4/5
Wi-Fi 6E	802.11ax	10 Gbps	2020	6
Wi-Fi 7 (future)	802.11be	46 Gbps	2024	1–7.25 (2.4/5/6)

* non-official designation

Historisch gezien lag de focus van elke generatie Wi-Fi op snellere snelheden en hogere gegevenssnelheden om te voldoen aan de eisen van hoge dichtheid in zakelijke WLAN's. Met 802.11ax (Wi-Fi 6) verschoof de focus naar het aanpakken van de uitdagingen waarmee Wi-Fi-netwerken te maken hebben, zoals verhoogde interferentie en verminderde prestaties. Daarnaast werd rekening gehouden met de behoefte om legacy-, IoT- en high-throughput-apparaten efficiënt samen te laten werken. Ten slotte werd overeengekomen dat deze nieuwe generatie Wi-Fi intelligent genoeg zou zijn om dichte en alomtegenwoordige draadloze omgevingen te ondersteunen met hoge doorvoer en lagere latentie. Kortom, Wi-Fi 6 introduceerde nieuwe mogelijkheden om effectief om te gaan met de verkeerseisen van een altijd verbonden samenleving, met een verhoogde capaciteit, dekking en netwerkimelligentie.



Mogelijkheden en voordelen van Wi-Fi 6

Wi-Fi 6 is ontworpen met prestaties die de vorige generatie (802.11ac wave 2) met meer dan 3 tot 4 keer overtreffen,. Inclusief ondersteuning voor hogere dichtheid door efficiënter gebruik van de beschikbare zendtijd, ondersteuning voor een hogere dichtheid van clientapparaten en aanzienlijke energiebesparing. Naarmate het aantal clients toeneemt, kan Wi-Fi 6 veel consistentere gegevensdoorvoer handhaven dan eerdere generaties, dankzij de langere frames en bredere guard-intervallen van 802.11ax, die veerkracht bieden en een breed scala aan toepassingen mogelijk maken.

WI-FI 6 KEY BENEFITS:

- Consistente gegevensdoorvoer in dichte omgevingen
- Groter bereik van dekking
- Verbeterde betrouwbaarheid en verminderde onderbrekingen
- Energiebesparing voor draadloze apparaten
- Verbeterde prestaties buitenshuis
- Betere benutting van het spectrum
- Nieuwe modulatiemodi
- Gebruik van bredere kanalen
- Gelijktijdige werking van meerdere gebruikers op hetzelfde kanaal

ENHANCED MOBILE BROADBAND

- Hogere prestaties voor mobiele apparaten
- 50 Mbps of meer voor elke gebruiker in dichte omgevingen
- Verbeterde videokwaliteit (4K, 8K), AR/VR en immersive experience

MASSIVE SCALE IOT

- Ondersteuning voor een hoge dichtheid van IoT-apparaten
- Asset tracking, contextgebaseerde services, elektronische betalingen
- Integratie van IT en IoT, automatisering

MISSION CRITICAL SERVICES

- Uiterst betrouwbare en lage latentie-toepassingen
- Procesautomatisering, automatisch geleide voertuigen, realtime analyses

Wi-Fi 6 introduceert verschillende nieuwe technologieën en verbeteringen ten opzichte van 802.11ac (Wi-Fi 5), waaronder energiebesparende functies zoals target wake time (TWT) en OFDMA (zowel in de uplink als de downlink), waarmee de Wi-Fi-kanalen worden onderverdeeld in kleinere frequentietoewijzingen genaamd resource units. OFDMA in combinatie met MU-MIMO (zowel in de uplink als de downlink) maakt het mogelijk om meer gegevens tegelijkertijd over te dragen, waardoor access points (AP's) gelijktijdig meer apparaten kunnen verwerken.

De volgende tabel vergelijkt 802.11ax met de twee voorgaande standaarden:

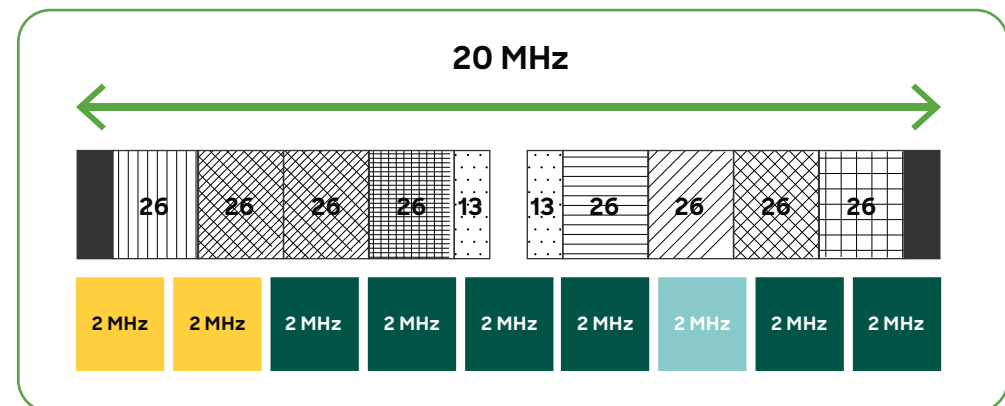
Capabilities	802.11n	802.11ac	802.11ax
Physical layer (PHY)	High throughput (HT)	Very high throughput (VHT)	High-efficiency wireless (HEW)
Operating bands	2.4 and 5 GHz	5 GHz only	2.4 and 5 GHz
MU-MIMO	N/A	DL MU-MIMO only	DL and UL MU-MIMO
Channel width	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, 80+80, 160 MHz	20, 40, 80, 80+80, 160 MHz
Guard interval	800/400 ns	800/400 ns	800/1600/3200 ns
Spread spectrum technology	OFDM	OFDM	OFDM, OFDMA
Frequency modulation	64 QAM	256 QAM	1024 QAM with MCS 10, 11
Power save	STBC, U-APSD	STBC, U-APSD	STBC, U-APSD, TWT
Spectral efficiency	N/A	N/A	BSS coloring

De werking in zowel het 2,4 GHz- als het 5 GHz-spectrum biedt betere propagatie en efficiëntie, waardoor 802.11ax zeer geschikt is om IoT op grote schaal te ondersteunen.



Uplink/downlink OFDMA

In tegenstelling tot 802.11ac (Wi-Fi 5), dat zich alleen richtte op het 5 GHz-bereik, werkt 802.11ax (Wi-Fi 6) zowel in het 2,4 GHz- als het 5 GHz-bereik. Bovendien werkt 802.11ax met kanalen van 20, 40 en 80 MHz. Het toegevoegde 2,4 GHz-spectrum biedt verschillende voordelen voor gebruik buitenshuis over langere afstanden en verbeterde dekking voor IoT-apparaten. Met 2 MHz-kanalen is de co-existentie met andere 2,4 GHz IoT-technologieën veel effectiever, ondanks een lawaaiërig en drukbezet 2,4 GHz-spectrum. De betere propagatie-eigenschappen van 2,4 GHz in combinatie met de efficiëntieverbeteringen van 802.11ax helpen het potentieel van het 2,4 GHz-bereik maximaal te benutten.



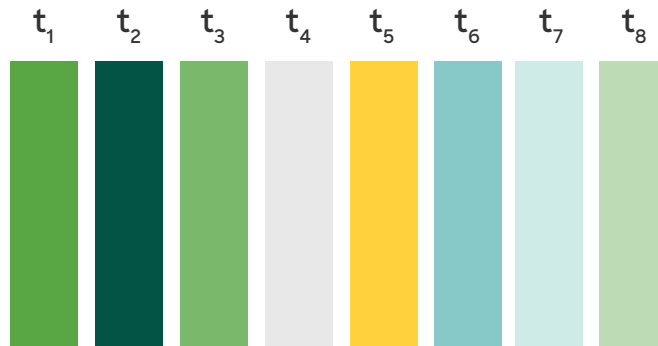
Uplink en downlink orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA) verhoogt de netwerk efficiëntie en verlaagt de latentie in omgevingen met hoge vraag.

Een van de grootste voordelen van 802.11ax is de overgang van orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) naar orthogonal frequency division multiple access (OFDMA). OFDM biedt de mogelijkheid om de bandbreedte op te delen in meerdere frequentie-subkanalen, terwijl OFDMA hetzelfde 20 MHz-spectrum opdeelt in kleinere subdragers die sneller kleine pakketten kunnen dragen. Door gebruik te maken van resource units (RU) kan elke subdrager meerdere gebruikers verwerken. Dit is met name belangrijk naarmate het aantal verbonden apparaten, vooral IoT-apparaten, blijft toenemen en de druk op AP's toeneemt bij het verbinden met een groot aantal andere apparaten.

In eerdere generaties van Wi-Fi kon een kleine verzending van een enkele client een hele kanaal monopoliseren. Een 802.11ax AP kan de volledige 20 MHz-kanaal gebruiken om gegevens naar een enkele client te verzenden, of het kanaal opsplitsen om gegevens naar negen clients te verzenden met behulp van negen RUs. Bovendien kunnen de gegevens ook worden gemoduleerd met MCS 10 of MCS 11 om de doorvoer te verhogen.

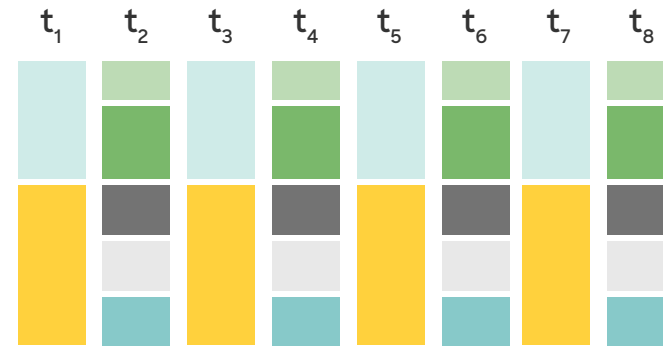


OFDM



- Elke gebruiker krijgt 1 tijdslot - de volledige kanaalbandbreedte
- Elke gebruiker moet wachten voordat de volgende TX_op plaatsvindt
- Naarmate er meer clients lid worden van de cel, neemt de latentie en jitter (hapering) toe
- QoS beheert alleen TXop - iemand moet wachten

OFDMA



- Het verzenden van meerdere pakketten in één keer maakt de verzending efficiënter
- Biedt ook een veel regelmatigere en consistente TX_op
- Als een pakket wordt gemist, maakt het niet uit, er komt altijd weer een volgend pakket, wat betekent dat "de vrachtwagen" altijd "vol" vertrekt... het resultaat is lagere latentie



Uplink OFDMA is een van de belangrijkste functies die zijn geïntroduceerd in 802.11ax, waardoor dataframes gelijktijdig kunnen worden verzonden door meerdere stations. Uplink OFDMA kan extra voordelen bieden door een groter zendvermogen per apparaat toe te staan, afhankelijk van de wettelijke vereisten, en daardoor signaaldekking op de uplink te vergroten. Dit komt doordat het zendvermogen van elk clientapparaat kan worden geconcentreerd op kleinere toegewezen resource-eenheden.

Downlink OFDMA maakt het mogelijk om meerdere gegevensframes in één gegevensseenheid naar meerdere stations te verzenden. Het kan de totale doorvoer verder optimaliseren door de verdeling van het zendvermogen tussen gebruikers met een hoog versus laag signaal-ruisverhouding in evenwicht te brengen, rekening houdend met totale vermogensbeperkingen en wettelijke vereisten.

Aangezien het meeste verkeer bestaat uit downloads (van AP naar clients), is downlink OFDMA met name interessant voor de meeste implementaties omdat het efficiëntere aggregatie van gegevens naar meerdere stations mogelijk maakt. Deze mogelijkheden zullen nuttig zijn om een diversiteit aan toepassingen en apparaten met verschillende behoeften efficiënt samen te laten werken.



MIMO-technologie, geïntroduceerd in 802.11n, maakt gebruik van meerdere antennes voor multipad - de manier waarop een signaal verschillende paden aflegt om de antenne te bereiken. MIMO stelt apparaten in staat om de verschillende paden te identificeren die de signalen volgen naar de ontvanger en stuurt unieke gegevensstromen - bekend als ruimtelijke stromen - langs verschillende paden.

802.11ac breidde MIMO uit om de AP verschillende ruimtelijke stromen te laten gebruiken om tegelijkertijd naar meerdere clients (tot vier) te zenden. Dit staat bekend als downlink multi-user MIMO (DL-MU-MIMO). 802.11ax verhoogde dit naar acht clients over acht ruimtelijke stromen en staat ook toe dat clients tegelijkertijd naar de AP zenden via verschillende ruimtelijke stromen (uplink, UL-MU-MIMO).

MU-MIMO is een technologie waarmee een AP meerdere clients tegelijkertijd kan bedienen via een ondersteund aantal draadloze stromen of kanalen. MU-MIMO maakt het mogelijk om meer gegevens tegelijkertijd over te dragen, waardoor AP's gelijktijdig meer apparaten kunnen verwerken. MU-MIMO werkt samen met OFDMA om meerdere clients tegelijkertijd te laten communiceren via meerdere frequentiebereiken en ruimtelijke stromen.

Multi-user multiple-input, multiple-output (MU-MIMO) maakt het mogelijk om meer gegevens tegelijkertijd over te dragen en stelt een AP in staat om naar een groter aantal gelijktijdige clients te zenden.

KEY FACT

Zowel MU-OFDMA als MU-MIMO stellen AP's in staat om gelijktijdig met meerdere clients te communiceren. Het verschil is dat MU-OFDMA verschillende frequenties gebruikt voor elke client, terwijl MU-MIMO dezelfde frequentie hergebruikt in verschillende ruimtelijke stromen.

Het verhogen van de QAM van 256 naar 1024 verhoogt de doorvoer in Wi-Fi-apparaten door meer gegevens te coderen in dezelfde hoeveelheid spectrum.

Quadrature amplitude modulation, of QAM, maakt het mogelijk om pakketten efficiënter te verzenden door de amplitude en fase van een signaal te moduleren. 802.11ac maakte gebruik van 256 QAM, terwijl 802.11ax zal overstappen naar een hogere constellatiedichtheid van 1024 QAM. In combinatie met OFDMA verbetert 1024 QAM aanzienlijk de ruisdrempel en biedt het hoge prestaties bij een bandbreedte van 20 MHz of minder.

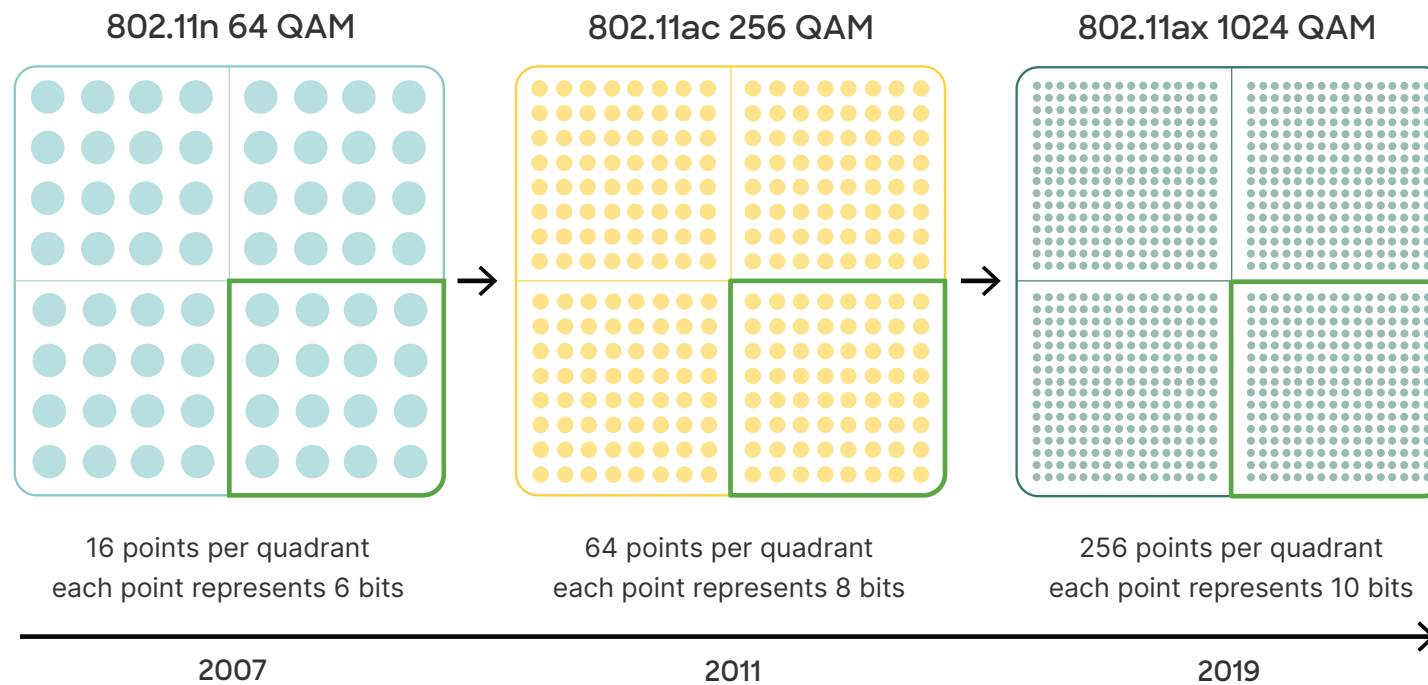
Met 256 QAM werden er acht bits per OFDM-symbool verzonden. Met 1024 QAM wordt dit verhoogd naar tien bits, waardoor de spectrale efficiëntie met 25% toeneemt. Bij hogere dichtheid wordt de signaal-ruisverhouding belangrijker, aangezien 1024 QAM zeer weinig marge voor fouten heeft. In de afgelopen jaren zijn er nauwkeurigere DSP-filteringstechnieken en verbeterde radiotechnologieën op de markt gekomen om deze hogere dichtheid te benutten en hogere gegevenssnelheden mogelijk te maken, zelfs in niet-ideale scenario's.



MCS rates 10 en 11

MCS's definiëren de mogelijke datarates op basis van verschillende factoren. Met twee extra modulatie- en coderingsschema's (MCS), namelijk MCS 10 en MCS 11, kan 802.11ax hogere doorvoersnelheden leveren ten opzichte van eerdere generaties Wi-Fi. Bijvoorbeeld, met 802.11ac en een 20 MHz kanaal kon MCS 8 een pieksnelheid van 86,7 Mbps bereiken. Met 802.11ax kan MCS 11 in een 20 MHz kanaal een doorvoersnelheid van 143,4 Mbps leveren, een toename van 65%

1024 QAM wordt gebruikt in MCS 10 en MCS 11

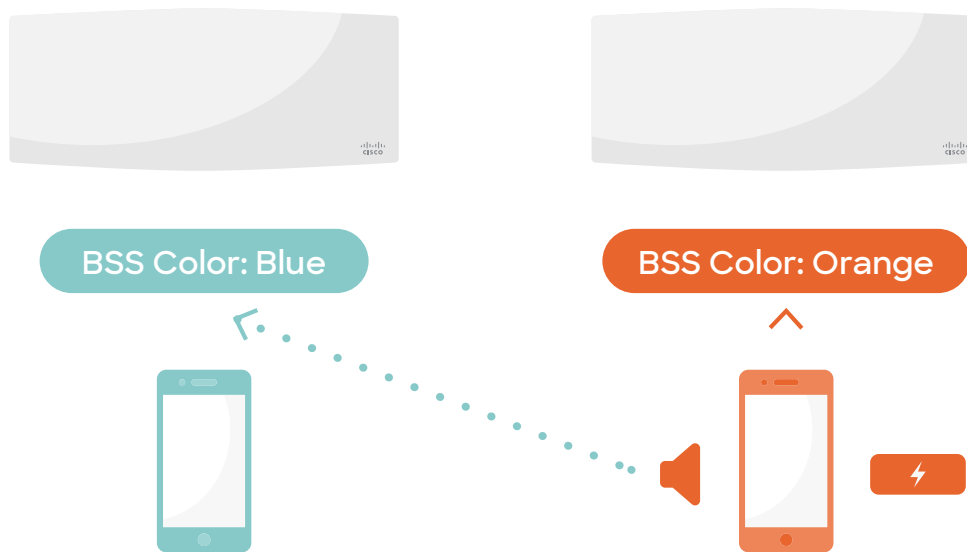


BSS-kleuring maakt ruimtelijk hergebruik mogelijk en lost interferentieproblemen op.



BSS-kleuring is een methode om overlappende basisdienstsets (OBSS's) te identificeren. Naarmate het draadloze gebruik toeneemt, neemt ook de interferentie in de netwerken toe. Wi-Fi maakt gebruik van een technologie genaamd carrier-sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) voor het vermijden van botsingen, waarbij slechts één apparaat tegelijk op een bepaalde frequentie mag zenden. Voordat een apparaat gaat zenden, controleert het of er andere transmissies op het kanaal plaatsvinden. Deze controle staat bekend als een clear channel assessment (CCA). Als er een signaal wordt gedetecteerd, wacht het apparaat even en probeert later opnieuw.

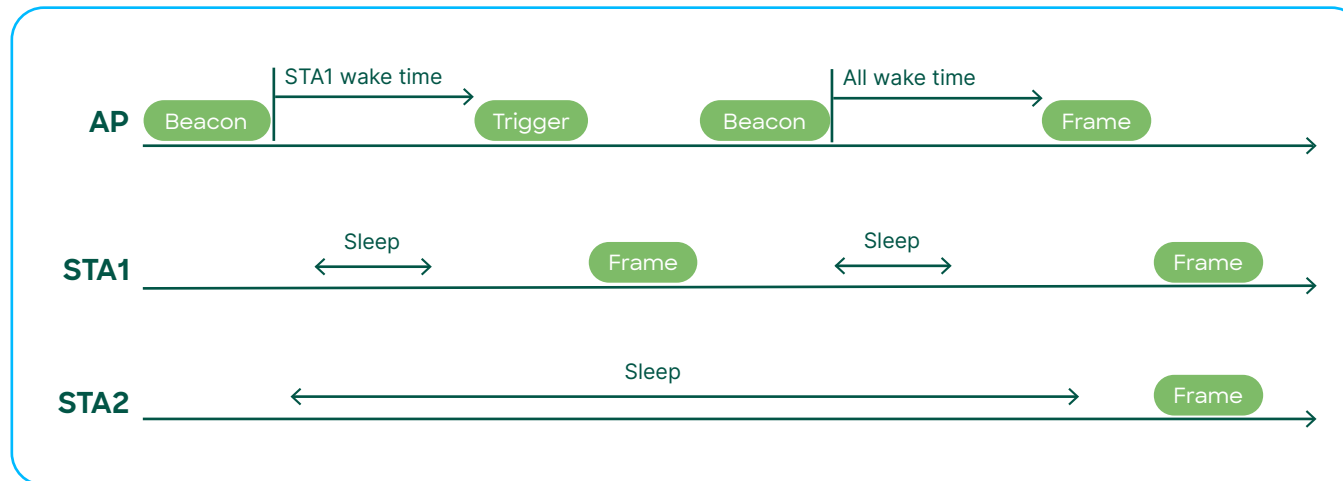
Om de effecten van co-channel interferentie te verminderen, staat 802.11ax een 6-bits BSS-kleurveld toe in het SIG-A-veld op de fysieke laag, evenals binnen managementframes. Hiermee kunnen maximaal 63 verschillende BSS-kleurwaarden worden gebruikt. Apparaten binnen elke BSS zenden met een lokaal unieke kleur, waardoor ze snel en eenvoudig transmissies kunnen onderscheiden die afkomstig zijn van hun eigen BSS ten opzichte van die van een naburige BSS. Als een apparaat verkeer hoort dat wordt verzonden, controleert het de BSS-kleurwaarde. Als de kleurwaarde overeenkomt met die van het apparaat zelf, wordt dit beschouwd als een intra-BSS-transmissie, omdat het verzendende apparaat tot dezelfde BSS behoort als de ontvanger. In dit geval wacht het apparaat even om de transmissie te voltooien. Als de kleurwaarde verschilt, wordt dit beschouwd als een inter-BSS-transmissie. Om co-channel interferentie te vermijden, kan het apparaat in dit geval zenden met een ontvangen signaalsterkte-indicator (RSSI) die lager is dan de drempelwaarde voor overlappende BSS-pakketdetectie (OBSS-PD), in plaats van te wachten.



Target Wake Time (TWT) verbetert aanzienlijk de batterijduur van Wi-Fi-apparaten, zoals Internet of Things (IoT) apparaten.

TWT is een energiebesparende technologie die een AP en client in staat stelt om te onderhandelen over wanneer en hoelang een client zijn draadloze radio in de energiebesparende modus kan zetten. Het doel is om draadloze mediumverstoring te minimaliseren en de hoeveelheid tijd te maximaliseren dat de draadloze radio van de client in de energiebesparende (PS) modus doorbrengt op basis van de verkeersbehoeften van de client. Dit stelt het AP in staat om draadloze verstoring te beheren en mogelijk gelijktijdige transmissies te coördineren met multi-user technologieën, zoals besproken in eerdere delen van dit document.

Om deze mogelijkheid mogelijk te maken, stelt het Access Point een reeks doel-wakertijden (TWT) en slaaptijden vast voor de draadloze clients binnen het BSS (Basic Service Set). Dit stelt clients in staat om hun unieke patroon en duur van ontwakken voor draadloze toegang te bepalen, waardoor stations op verschillende tijdstippen kunnen werken en de contention wordt verminderd. Dit heeft tot gevolg dat het energieverbruik wordt verminderd en de batterijduur tot wel 67% verbetert. TWT bereikt deze mogelijkheden door een reeks beacons van het toegangspunt naar een "slappend" apparaat te sturen om aan te geven dat er gegevens zijn om te verzenden.



Conclusie

802.11ax (Wi-Fi 6) heeft bewezen draadloze netwerken aanzienlijk hogere doorvoer en prestaties te bieden ten opzichte van 802.11ac. Vooral in situaties met hoge dichtheid. Met een aantal belangrijke innovatieve functies biedt 802.11ax een grotere betrouwbaarheid en efficiëntie dan eerdere generaties, waardoor een reeks nieuwe toepassingen mogelijk is, zoals verbeterde mobiele breedband, grootschalige IoT-implementaties en kritieke services die betrouwbare connectiviteit vereisen. Voor ondernemingsklanten en organisaties van allerlei soorten en maten is Wi-Fi een fundamentele technologie geworden ter ondersteuning van hybride werkomgevingen en zal het essentieel blijven om een toekomst mogelijk te maken met steeds diversere en gedistribueerde personeelsbestanden.



Key features Wi-Fi 6 versus Wi-Fi 5

Key features	Benefits
Operation in both 2.4 and 5 GHz spectrum	Better propagation and efficiency improvements makes 802.11ax highly suitable to support IoT at scale.
Uplink and downlink orthogonal frequency division multiple access (OFDMA)	Increases network efficiency and lowers latency for high-demand environments.
Multi-user multiple-input, multiple-output (MU-MIMO)	Allows more data to be transferred and enables an access point to transmit to a larger number of concurrent clients at once.
256 QAM to 1024 QAM	Increases throughput in Wi-Fi devices by encoding more data in the same amount of spectrum.
BSS coloring	Allows spatial reuse and reduces co-channel interference.
Target wake time (TWT)	Significantly improves battery life in Wi-Fi devices, such as Internet of Things (IoT) devices.



Lireweg 42
2153 PH Nieuw-Vennep
Nederland
+31 (0)252-241544

Nijverheidsstraat 72 Unit 1A
2160 Wommelgem
België
+32 (0)3 449 11 59



Connecting **systems**, **data** and **people**