

## Historia standardów Wi-Fi

Standard sieci	Nowa nazwa standardu	Rok wprowadzenia	Pasmo	Maks. przepustowość*	Podstawowe ulepszenia
802.11b	Wi-Fi 1	1999	2,4 GHz	11 Mb/s	
802.11a	Wi-Fi 2	1999	5 GHz	54 Mb/s	
802.11g	Wi-Fi 3	2003	2,4 GHz	54 Mb/s	
802.11n	Wi-Fi 4	2009	2,4 GHz, 5 GHz	600 Mb/s	MIMO, OFDMA, łączenie 2 kanałów do 40 MHz
802.11ac	Wi-Fi 5	2014	5 GHz	1 Gb/s	Jednokierunkowa MU-MIMO, łączenie kanałów do 80 i 160 MHz
802.11ax	Wi-Fi 6	2019	2,4 GHz, 5 GHz	10 Gb/s	Dwukierunkowa MU-MIMO

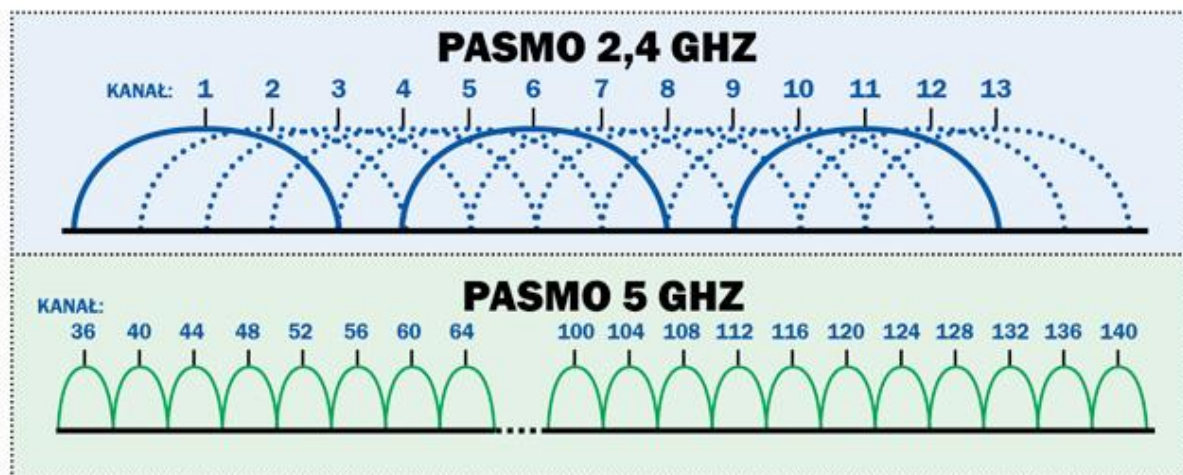
\*Teoretyczna maksymalna szybkość nawiązanego połączenia z punktem dostępowym

## Szerokość pasma transmisji

Standardowo pasmo dla częstotliwości 2,4 GHz zostało podzielone na 14 kanałów (kanał 14 jest stosowany w Japonii). W Polsce można wykorzystywać pasmo od 2401 do 2483 MHz, czyli od kanału 1 do 13. Każdy kanał zajmuje 22 MHz. Tak więc teoretycznie, aby nie pokrywały się ze sobą sieci w paśmie 2,4 GHz przy szerokości pasma 22 MHz możemy utworzyć tylko trzy niepokrywające się sieci na kanałach, na przykład 1, 6, 11.

Zdecydowana większość routerów oferujących wyższe wydajności uzyskuje je poprzez zwiększenie szerokości pasma nadawania do 40 MHz, wtedy możemy utworzyć jedynie dwie sieci, które nie będą ze sobą bezpośrednio interferować, na kanałach 3 oraz 11. Jeśli istnieje więcej sieci na danym obszarze i bezpośrednio nachodzą one na siebie, wpływa to negatywnie na wydajność wszystkich sieci. Jest to szczególnie widoczne w bardzo zurbanizowanych obszarach, na przykład na blokowiskach. Dobrym pomysłem na ucieczkę od zatłoczonego pasma 2,4 GHz jest skorzystanie z pasma 5 GHz. Mniejszy zasięg działania sieci staje się tutaj zaletą, ponieważ istnieje mniejsza szansa na nachodzenie na siebie sieci sąsiadów.

W przypadku pasma 5 GHz kanały od razu zostały podzielone na szerokość 20 MHz i nie nachodzą na siebie – można więc utworzyć teoretycznie aż 19 niezależnych sieci.



Nowsze standardy Wi-Fi pozwalają na tworzenie sieci o szerokości 40, 80, a nawet 160 MHz, dzięki czemu można uzyskać bardzo wysokie przepustowości. Nie musimy się przy tym

martwić nachodzeniem na siebie sieci, ponieważ przy znacznie mniejszym zasięgu sieci pracujących w paśmie 5 GHz istnieje znacznie mniejsze ryzyko wysycenia całego pasma, a zatem wydajność nie spadnie drastycznie, jak może to mieć miejsce w przypadku pasma 2,4 GHz.

## **Wydajność w praktyce**

Prawie każdy, kto ma w domu sieć Wi-Fi i kupił nowy router, zastanawia się, dlaczego urządzenie, które powinno działać z prędkością na przykład 150 Mb/s, pracuje dużo wolniej. Dlaczego oznaczenia wydajności sieci Wi-Fi są nie do osiągnięcia, czego nie można stwierdzić w przypadku połączeń kablowych? Niestety, na wydajność sieci bezprzewodowej składa się wiele czynników, w tym także interferencje innych sieci, jeśli pasmo nadawania danej sieci jest zatłoczone.

Najważniejszy jest sam sposób transmisji. Znaczna część naszego transferu to dane kontrolne. Dodatkowo przy ewentualnych zniekształceniach i zakłóceniach automatycznie występuje retransmisja danych, czyli ponowne wysłanie tych samych pakietów. A to automatycznie przekłada się na spadek przepustowości połączenia.

Obok danych kontrolnych podczas transmisji przesyłane są także bity zużywane na szyfrowanie danych – im jest ono mocniejsze, tym więcej dodatkowych danych jest dołączonych do właściwych informacji. Z tych powodów wydajność sieci Wi-Fi przy idealnych warunkach może wynieść około 50 procent teoretycznego transferu. A ponieważ na szybkość wpływa dodatkowo odległość od nadajnika oraz zakłócenia elektromagnetyczne (generowane przez mikrofalówkę, mysz bezprzewodową, Bluetooth, telefon komórkowy, porty USB 3.0 i wiele innych domowych urządzeń), to w rzeczywistości osiągamy zaledwie 25–35 procent szybkości obiecywanej przez producenta routera. A to oznacza, że w normalnych, domowych warunkach router teoretycznie działający z prędkością 150 Mb/s umożliwi nam realizację połączenia o realnej prędkości na poziomie 45 Mb/s

## **Beamforming**

Jest to specjalna technika przetwarzania sygnału, która polega na formowaniu wiązki, a konkretnie kierunkowej transmisji sygnału. Dzięki temu sygnały podczas transmisji są wysyłane w konkretnym kierunku, co pozwala na zwiększenie zasięgu działania sieci zwłaszcza w przypadku oddalonych punktów. Technologia ta jest wykorzystywana w wielu routerach.

## **Dual-Band**

Tego typu określenie w przypadku routerów oznacza możliwość pracy w tym samym czasie na dwóch pasmach – 2,4 GHz oraz 5 GHz. Transmisja w każdym z tych pasm ma swoje wady oraz zalety. Plusy pasma 2,4 GHz to większy zasięg działania i kompatybilność praktycznie ze wszystkimi urządzeniami bezprzewodowymi. Minusy to dużo mniejsza wydajność, zatłoczenie pasma oraz podatność na zakłócenia. W przypadku pasma 5 GHz sytuacja jest odwrotna, plusy to wysoka wydajność, mniej zatłoczenia, odporność na zakłócenia. Minusy natomiast to znacznie mniejszy zasięg pracy.

## **MIMO (Multiple Input Multiple Output)**

Rozwiązanie zwiększające przepustowość sieci bezprzewodowej poprzez wykorzystanie transmisji wieloantenowej w nadajniku i odbiorniku. Na przykład w Wi-Fi 4 (802.11n) standardowa przepustowość to 150 Mb/s, a dzięki wykorzystaniu MIMO można skorzystać aż z czterech anten i uzyskać połączenie określone jako 600 Mb/s ( $4 \times 150$  Mb/s). Oczywiście w celu skorzystania z tej technologii zarówno nadajnik, jak i odbiornik muszą być ze sobą kompatybilne i mieć odpowiednią liczbę anten.

### **MU-MIMO (Multi User MIMO)**

Jest to zestaw technologii bezprzewodowych, które umożliwiają komunikację z wieloma klientami bezprzewodowymi jednocześnie. Jest to niezwykle przydatna technika zwłaszcza w bardziej wydajnych urządzeniach. Bez niej transmisja danych odbywała się pakiet po pakiecie od klienta do klienta (w jednej jednostce czasu dane mogły być przesyłane tylko do jednego klienta). Dzięki MU-MIMO routery, które korzystają na przykład z ośmiu anten, są w stanie obsłużyć jednocześnie cztery urządzenia korzystające z dwóch anten lub osiem urządzeń korzystających z jednej anteny. Dzięki temu wydajność nie jest zmniejszana i każde urządzenie może pracować z pełną szybkością, o ile pozwala na to router.

### **QAM (Quadrature Amplitude Modulation)**

Chodzi o modulację QAM, czyli zmianę parametrów amplitudy i fazy sygnału do przesyłania danych cyfrowych przez kanał radiowy. Generalnie zasada jest taka, że im większa liczba przed określeniem QAM, tym bardziej skondensowany zostaje sygnał i może przenieść tym więcej informacji. Przykładowo 1024QAM wykorzystywany w Wi-Fi 6 pozwala na zwiększenie przepustowości o 25 procent w stosunku do 256QAM wykorzystywanego w Wi-Fi 5, a 64QAM w stosunku do 256QAM to wzrost wydajności o 33 procent

### **OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access)**

pozwala podzielić kanał radiowy na dziesiątki i setki podkanałów. Oznacza to, że jeden kanał może być współużytkowany przez większą liczbę klientów. Dzięki temu dostępne pasmo radiowe jest lepiej wykorzystywane, co z kolei przekłada się na wzrost wydajności i przepustowości sieci. Poprawa parametrów transmisji z użyciem OFDMA będzie szczególnie widoczna, gdy z sieci bezprzewodowej będzie korzystać wielu użytkowników (lotniska, dworce, centra konferencyjne). Implementacja OFDMA sprawia, że sieć radiowa jest bardziej odporna na przeciążenia.