

## 1.4.12 Performance analysis of CSMA/CA networks with different channel bandwidth in 802.11n/ac networks

### 1. Cel Projektu

Celem niniejszego projektu jest analiza wydajności sieci bezprzewodowych wykorzystujących mechanizm CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) w standardach 802.11n oraz 802.11ac, przy zastosowaniu różnych szerokości kanałów transmisji. Projekt koncentruje się na ocenie wpływu zmiany szerokości pasma (np. 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz) oraz różnych poziomów MCS (Modulation and Coding Scheme) – MCS-2 oraz MCS-3 – na kluczowe parametry wydajności sieci, takie jak:

- rzeczywista przepustowość (Throughput),
- narzut warstwy fizycznej (PHY overhead),
- liczba kolizji oraz retransmisji,
- opóźnienia i stabilność połączenia,
- efektywność względem teoretycznej przepustowości

### 2. Konfiguracja parametrów

Na początku skonfigurowałem parametry Slot time, Short IFS, CWmin oraz CWmax na podstawie wartości podanych w Tabeli 1.7

*Table 1.7: CSMA/CA parameters differences for 802.11a and 802.11g network.*

IEEE standard:	802.11a	802.11g
Slot time:	9 $\mu$ s	20 $\mu$ s
Short IFS:	16 $\mu$ s	10 $\mu$ s
CWmin:	15	31
CWmax:	511	1023

Ustawiając **Frame overhead**, **Frame max** oraz **Frgmt thrshld** opierałem się o informacje z poprzedniego zadania 1.4.11.

**Frame overhead** liczyłem ze wzoru:

$$\text{FR.OH.} = \lceil \text{PHY}_{\text{CONST\_OV}} * (\text{BANDWIDTH}/6500000) \rceil + 45 \text{ B}$$

Gdzie:

**FR.OH** – frame overhead,

**PHY<sub>CONST\_OV</sub>** – PHY overhead (32,5 B dla MCS-2,MCS-3 oraz formatu mixed format)

*Table 1.14: PLCP overhead in different 802.11n/ac modes:.*

IEEE standard and preamble mode:	Number of spatial streams	PHY <sub>CONST_OV</sub>
802.11n/ac (mixed format)	1	32,5 B
	2	39 B
	3	52 B
	4	52 B
802.11n/ac (greenfield format)	1	26
	2	32,5
	3	45,5 B
	4	45,5 B

**BANDWIDTH/6500000** – ustawione pasmo podzielone przez basic rate PHY header (6,5Mb/s)

**+45 B** – suma PHY oraz MAC overhead z wybranym formatem transmisji

fr.oh[B]	ch.size[MHz]
143	20
248	40
484	80
923	160

<b>fr.oh[B]</b>	<b>ch.size[MHz]</b>
<b>175</b>	<b>20</b>
<b>315</b>	<b>40</b>
<b>630</b>	<b>80</b>
<b>1215</b>	<b>160</b>

Frame max oraz Fragmentation threshold ustawiłem na 6500B, po to aby uniknąć fragmentacji ramki.

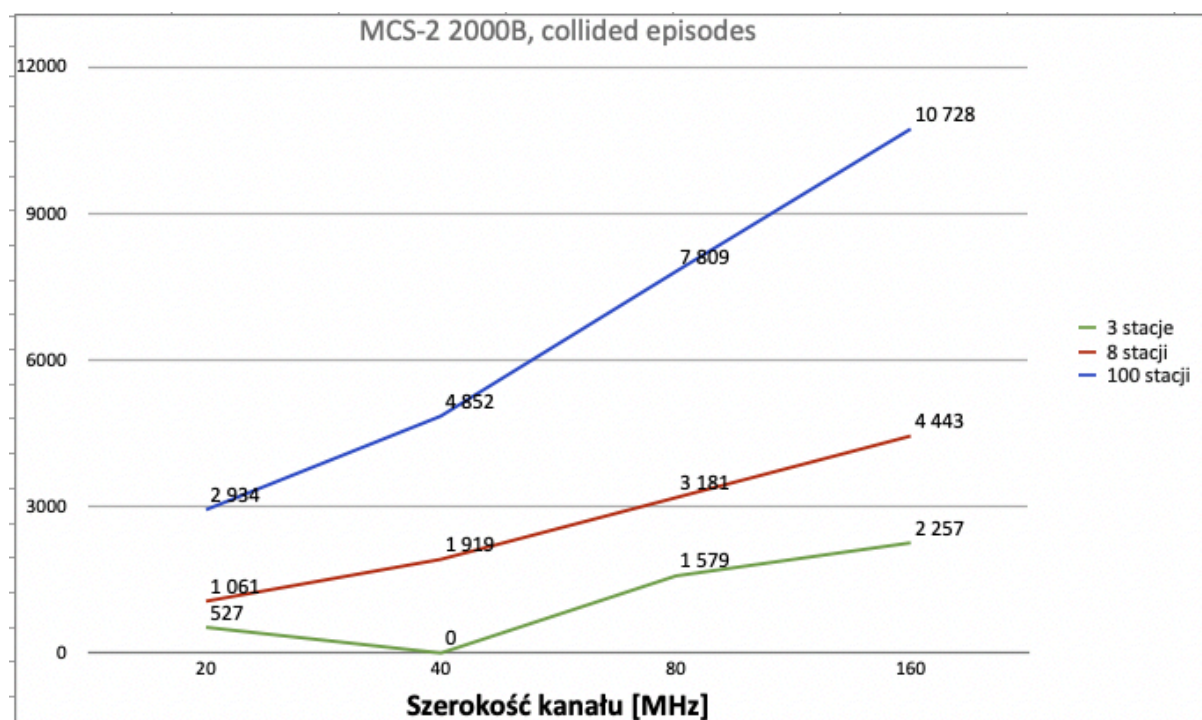
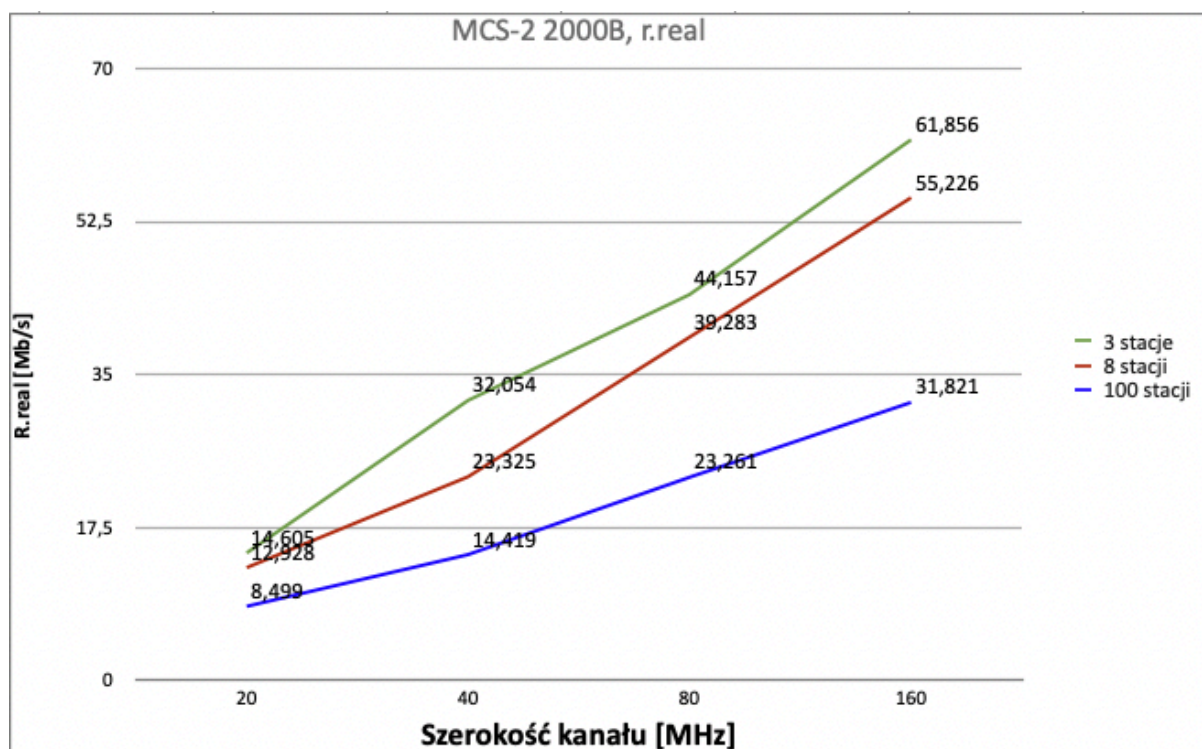
Dla mojego przypadku wykonałem symulacje na 3, 8, 100 stacjach dla formatu mixed preamble mode, 1 spatial stream.

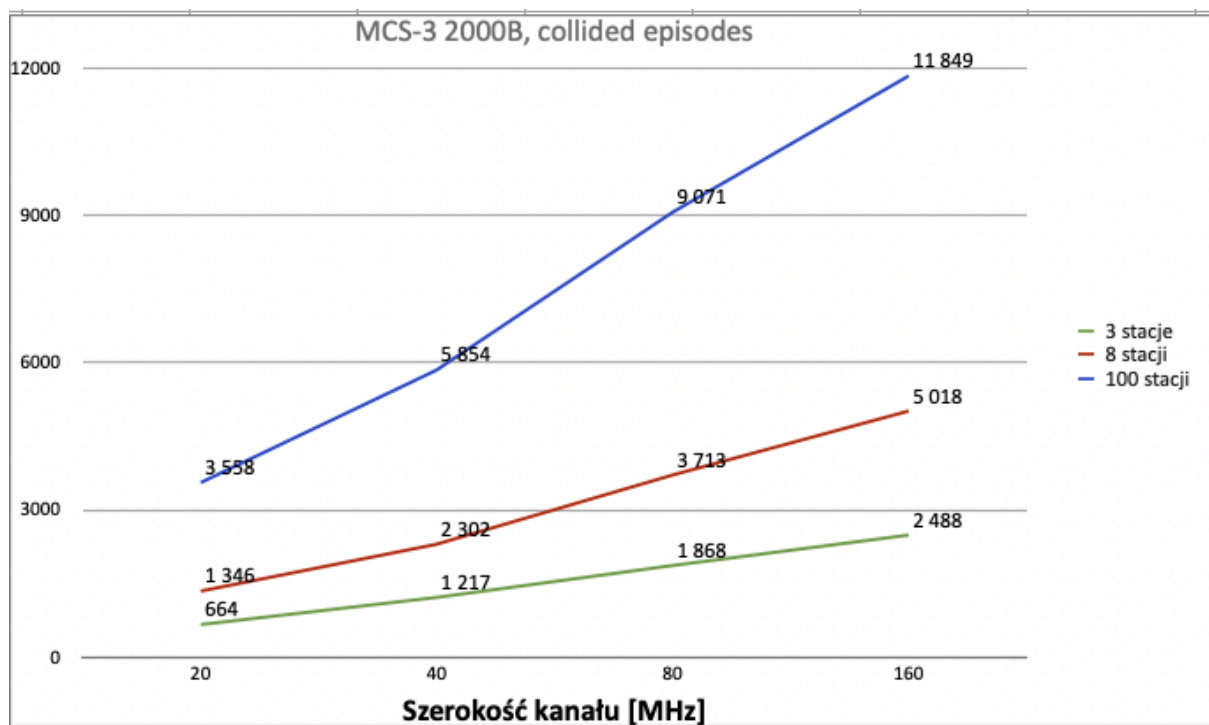
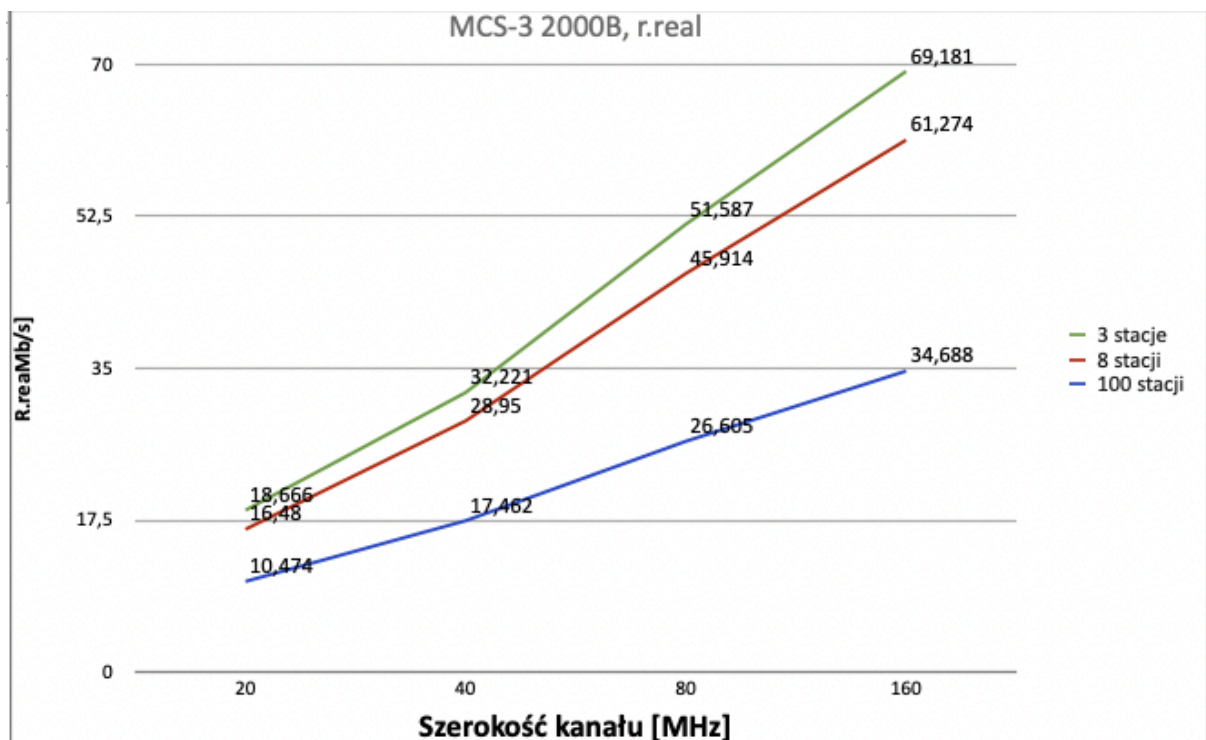
dla MCS-2 [19.5, 40.5, 87.8, 175.5] Mb/s for [20, 40, 80, 160] MHz wide channel

dla MCS-3 [26, 54, 117, 234] Mb/s for [20, 40, 80, 160] MHz wide channel.

### 3. Wyniki symulacji

<b>Configuration</b>	<b>1 spatial stream, MCS-2, preamble mode - mixed</b>				<b>1 spatial stream, MCS-3, preamble mode - mixed</b>			
<b>Channel bandwidth [MHz]</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>160</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>160</b>
<b>Transmission mode [Mb/s]</b>	<b>19.5</b>	<b>40.5</b>	<b>87.8</b>	<b>175.5</b>	<b>26</b>	<b>54</b>	<b>117</b>	<b>234</b>
<b>Throughput [Mb/s] for 3 stations</b>	14.6	32.05	44.16	61.9	18.66	32.22	51.59	69.18
<b>Throughput [Mb/s] for 8 stations</b>	12.93	23.32	39.28	55.22	16.48	28.95	45.91	61.27
<b>Throughput [Mb/s] for 100 stations</b>	8.5	14.41	23.26	31.82	10.47	17.46	26.60	34.69





#### 4. Wnioski:

1. **Wzrost przepustowości wraz z szerokością kanału:** W obu przypadkach (MCS-2 i MCS-3) przepustowość rośnie wraz z rozszerzeniem szerokości kanału (od 20 MHz do 160 MHz). Trend ten jest widoczny przy różnych liczbach stacji (3, 8 i 100), co pokazuje, że szersze kanały umożliwiają wyższe prędkości transmisji danych, prawdopodobnie dzięki zwiększonej efektywności spektralnej.

2. **Wpływ schematu modulacji i kodowania (MCS):** Przepustowość uzyskana dla MCS-3 jest wyższa niż dla MCS-2 przy każdej szerokości kanału. Wynik ten jest zgodny z oczekiwaniami, ponieważ MCS-3 stosuje wyższą modulację, co pozwala na większe prędkości transmisji danych. Wyniki te pokazują korzyści wynikające z wyższych wartości MCS w kontekście wzrostu przepustowości.
3. **Gęstość stacji a przepustowość:** Wraz ze wzrostem liczby stacji przepustowość przypadająca na każdą stację zwykle maleje. Na przykład przy szerokości kanału 160 MHz przepustowość dla 3 stacji jest znacząco wyższa niż dla 8 czy 100 stacji. Efekt ten jest bardziej widoczny przy większych szerokościach kanału, co może wynikać ze zwiększonej rywalizacji i liczby kolizji w medium współdzielonym, co negatywnie wpływa na efektywną przepustowość.
4. **Wzrost kolizji wraz ze wzrostem liczby stacji:** Wykresy przedstawiające epizody kolizji wskazują na wzrost liczby kolizji wraz ze zwiększaniem się liczby stacji. Trend ten jest najbardziej widoczny dla 100 stacji, gdzie liczba kolizji jest znacznie wyższa niż dla 3 lub 8 stacji, zwłaszcza przy większych szerokościach kanału. Sugeruje to, że wydajność mechanizmu CSMA/CA maleje wraz ze wzrostem zatłoczenia sieci.
5. **Szerokość kanału a kolizje:** Szersze kanały prowadzą do większej liczby kolizji w sieciach o dużej gęstości (np. przy 100 stacjach). Chociaż szersze kanały oferują wyższą teoretyczną przepustowość, powodują również więcej kolizji, gdy wiele urządzeń próbuje jednocześnie uzyskać dostęp do kanału. Wskazuje to na kompromis między szerokością kanału a stabilnością sieci w warunkach dużego obciążenia.
6. **Implikacje praktyczne:** W sieciach o dużej liczbie stacji stosowanie szerszych kanałów (np. 160 MHz) może nie zawsze być optymalne ze względu na zwiększoną liczbę kolizji. W zatłoczonych środowiskach korzystniejsze może być używanie umiarkowanych szerokości kanału (np. 40 lub 80 MHz), aby zmniejszyć rywalizację i poprawić stabilność sieci.

Wyniki te sugerują, że chociaż zwiększanie szerokości kanału i stosowanie wyższych wartości MCS może poprawić przepustowość, ważne jest uwzględnienie gęstości stacji. W zatłoczonych środowiskach umiarkowana szerokość kanału może być bardziej efektywna w utrzymaniu stabilnej wydajności sieci.