

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA

PROJEKT

BEZPRZEWODOWE SIECI TELEINFORMATYCZNE

Rozszerzone sprawozdanie z ćwiczenia
laboratoryjnego z użyciem symulacji
komputerowej.

Autor
Jan Ściga

11 listopada 2021

Spis treści

1	Wstęp	2
1.1	Przedmowa	2
1.2	Czynności początkowe	2
2	Zadanie nr.1 - 1.4.5 e) II	4
2.1	Wstęp teoretyczny	4
2.2	Opis czynności związanych z symulacją	4
2.3	Przedstawienie wyników symulacji	5
2.4	Wnioski i omówienie wyników	8
3	Zadanie nr.2 - 1.4.6 e) II	9
3.1	Wstęp teoretyczny	9
3.2	Opis czynności związanych z symulacją	9
3.3	Przedstawienie wyników symulacji	10
3.4	Wnioski i omówienie wyników	11
4	Podsumowanie	12

1 Wstęp

1.1 Przedmowa

Poniższy dokument zawiera sprawozdanie z dwóch ćwiczeń symulacyjnych wykonanych z użyciem programu COMNET.

Przydzielone numery zadań pochodzą z udostępnionej instrukcji laboratoryjnej: *The performance analysis of IEEE 802.11 CSMA/CA protocol extended*. Są to następujące zadania według numeracji występującej we wspomnianym dokumencie:

- 1.4.5 e) II
- 1.4.6 e) II

Zarówno pierwsze jak i drugie ćwiczenie dotyczy analizy protokołu wielodostępu do łącza ze śledzeniem stanu nośnej i unikaniem kolizji (IEEE 802.11 CSMA/CA).

Przedmiotem badań będzie wpływ zmienności różnych parametrów związanych z protokołem CSMA/CA (wymienionych w części poświęconej danemu ćwiczeniu) na parametry transmisji.

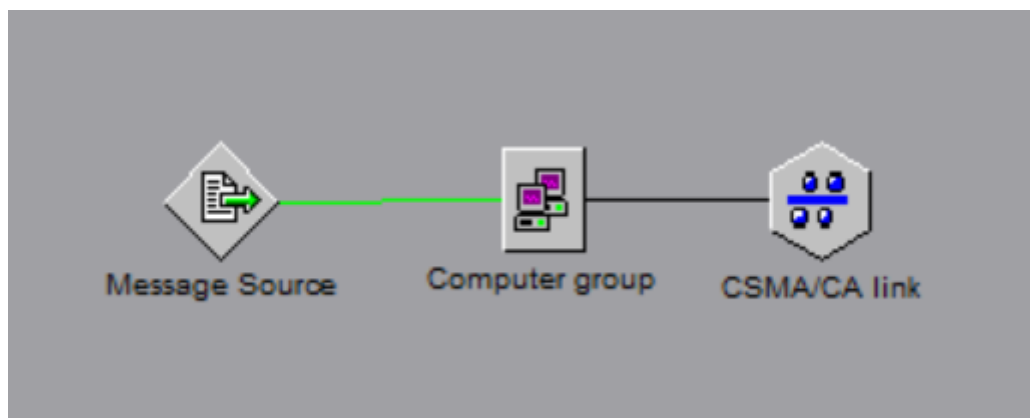
Przebieg każdego z ćwiczeń zachowuje następujący porządek:

- Wstęp teoretyczny
- Opis czynności związanych z symulacją
- Przedstawienie wyników symulacji
- Wnioski i omówienie wyników

1.2 Czynności początkowe

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia zapoznano się z działaniem programu COMNET oraz zestawiono topologię widoczną na poniższym schemacie.

Rysunek 1: Zestawiona topologia dla potrzeb symulacji w programie COMNET



Przedstawiona topologia składa się z trzech połączonych ze sobą obiektów:

- Message Source
- Computer group
- CSMA/CA link

Dodatkowo, zmieniono parametry obiektu CSMA/CA link na następujące:

- Bandwidth: 11000 kbps
- time: 20 μs
- Short IFS: 10 μs
- CWmin: 31 slots
- CWmax:1023 slots
- Frgmt thrshld: 2304 B
- Frame OH: 42 B
- Frame max: 2304 B

Pozostałe parametry pozostawiono bez zmian

2 Zadanie nr.1 - 1.4.5 e) II

2.1 Wstęp teoretyczny

Pierwsze ćwiczenie dotyczy badania wpływu fragmentacji ramek na działanie sieci w warunkach kanału charakteryzowanego przez różne poziomy *Bitowej Stopy Błędów (BER)*.

Fragmentacja ramek odbywa się na podstawie określonego parametru poziomu fragmentacji (*Fragmentation Threshold*). Fragmentacja ramek ma miejsce wtedy, gdy długość pakietu przekracza próg fragmentacji wcześniej ustawiony przez użytkownika, na sterowniku karty sieciowej lub interfejsie urządzenia sieciowego. BER określa prawdopodobieństwo wystąpienia przekłamania bitu informacji w strumieniu przesyłanych danych i jest to współczynnik ilości otrzymanych błędnych bitów do całkowitej ilości otrzymanych bitów. Im wyższy współczynnik BER tym gorszy kanał transmisyjny, więc spodziewamy się pogorszenia jakości transmisji. Jednym ze sposobów na radzenie sobie z tym zjawiskiem może być fragmentacja ramek. Poniżej przeanalizowano wpływ tego działania na wydajność transmisji.

2.2 Opis czynności związanych z symulacją

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia skonfigurowano odpowiednie parametry związane z badanymi obiektami w sieci:

W obiekcie *Computer group* ustawiono ilość urządzeń na 13. Wielkość wysyłanego ruchu ustalono jako 20 Mbps, więc parametr IAT (interwał czasowy przed wysłaniem kolejnej ramki) przyjął wartość 0,0104. Jako rozmiar ramki ustawiono 2000B, z kolei czas symulacji ustawiono na 10s. Ruch wysyłany przedstawia się następująco:

$$\text{oferowany ruch} = (\text{rozmiar ramki}) * (\text{liczba stacji}) * (\text{ilość ramek})$$

Badane poziomy fragmentacji ramek były następujące:

1. 50 B
2. 200 B
3. 500 B
4. 1000 B
5. 2304 B

Ćwiczenie wykonano dwukrotnie dla dwóch różnych poziomów BER.

- **BER1** = $0,75 * 10^{-5}$
- **BER2** = $3,25 * 10^{-5}$

Każda wysyłana ramka posiada parametr *Frame Error Rate (FER)* wyliczany zarówno dla ramki danych (*Data Frame*) jak i ramki ACK według poniższego wzoru:

$$FER = 1 - (1 - BER)^{8*FR.SIZE}$$

Jako FR.SIZE dla ramki ACK podstawiono 14B, a dla ramki danych ustawiono ten parametr na wielkość badanego fragmentu. Wyniki podsumowano w poniższych tabelach.

Rysunek 2: Wyliczony FER dla $BER = 0,75 * 10^{-5}$ w zależności od poziomu fragmentacji

BER1					
Poziom fragmentacji	50	200	500	1000	2304
DATA frame FER	0,0029955	0,0119283	0,029555	0,058236	0,129111
ACK frame FER	0,0008397	0,0008397	0,00084	0,00084	0,00084

Rysunek 3: Wyliczony FER dla $BER = 3,25 * 10^{-5}$ w zależności od poziomu fragmentacji

BER2					
Poziom fragmentacji	50	200	500	1000	2304
DATA frame FER	0,0129161	0,0506719	0,121906	0,228952	0,450667
ACK frame FER	0,0036334	0,0036334	0,003633	0,003633	0,003633

Wyliczone wartości FER podstawiano kolejno w odpowiednich polach w obiekcie CSMA/CA link, uruchamiano symulacje oraz generowano raport symulacji, z którego odczytywano ilość dostarczonych ramek i ilość ramek kolizyjnych.

2.3 Przedstawienie wyników symulacji

Zebrane wyniki stopniowo gromadzono w tabelach przedstawionych poniżej:

Rysunek 4: Wyliczone parametry dla $BER = 0,75 * 10^{-5}$

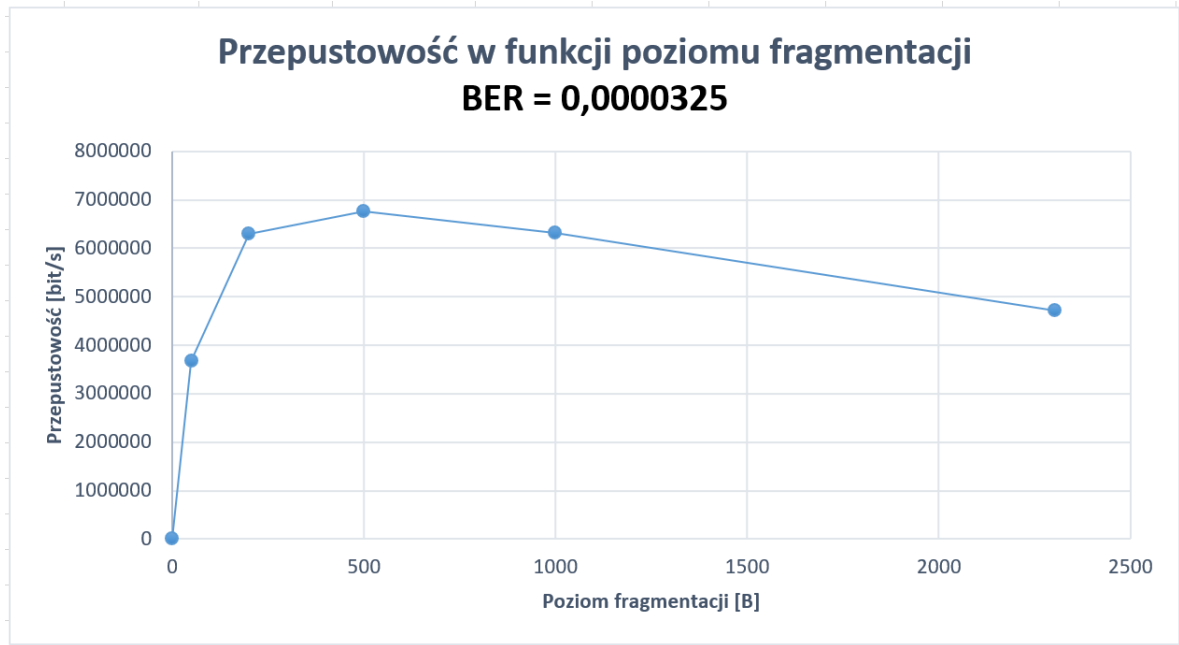
BER1 = 0,0000075					
	r.ofer	IAT	r.real	coll.e	coll.f
	20000000	0,0104	3854400	617	1320
	20000000	0,0104	6859200	1132	2395
	20000000	0,0104	7883200	1191	2535
	20000000	0,0104	7804800	1198	2538
	20000000	0,0104	7075200	1016	2168

Rysunek 5: Wyliczone parametry dla $BER = 3,25 * 10^{-5}$

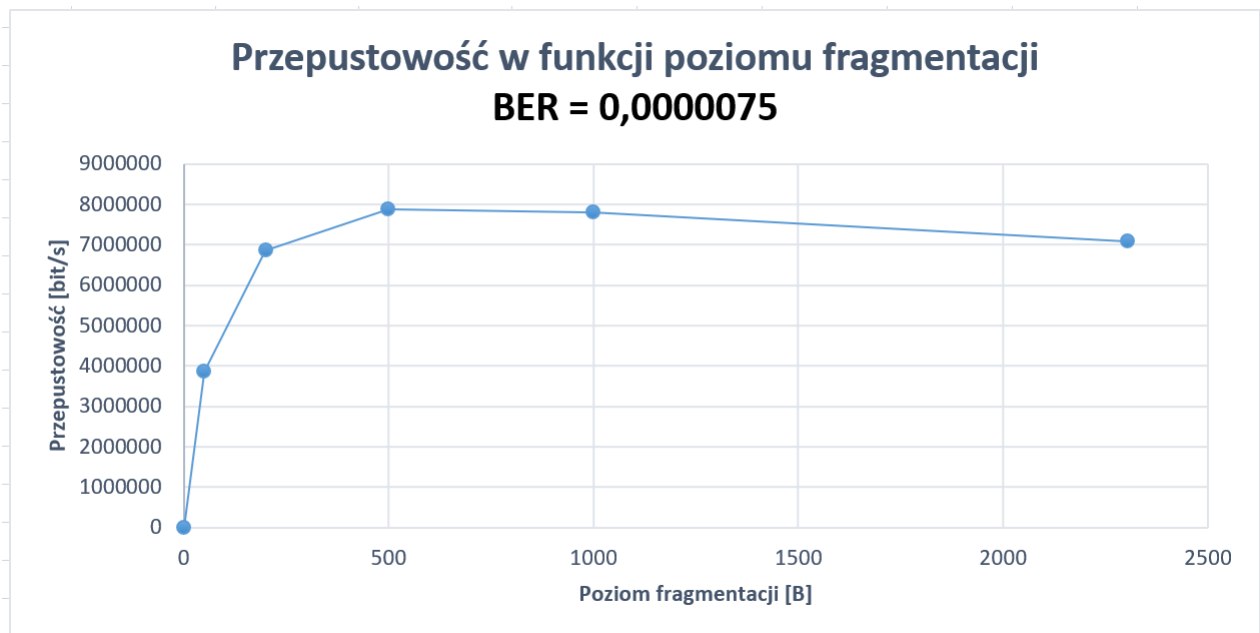
BER2 = 0,0000325					
	r.ofer	IAT	r.real	coll.e	coll.f
	20000000	0,0104	3681600	725	1526
	20000000	0,0104	6304000	1134	2389
	20000000	0,0104	6771200	1117	2329
	20000000	0,0104	6326400	986	2064
	20000000	0,0104	4721600	537	1105

Następnie, zgodnie z poleceniem zawartym w treści przygotowano serię wykresów przedstawionych poniżej.

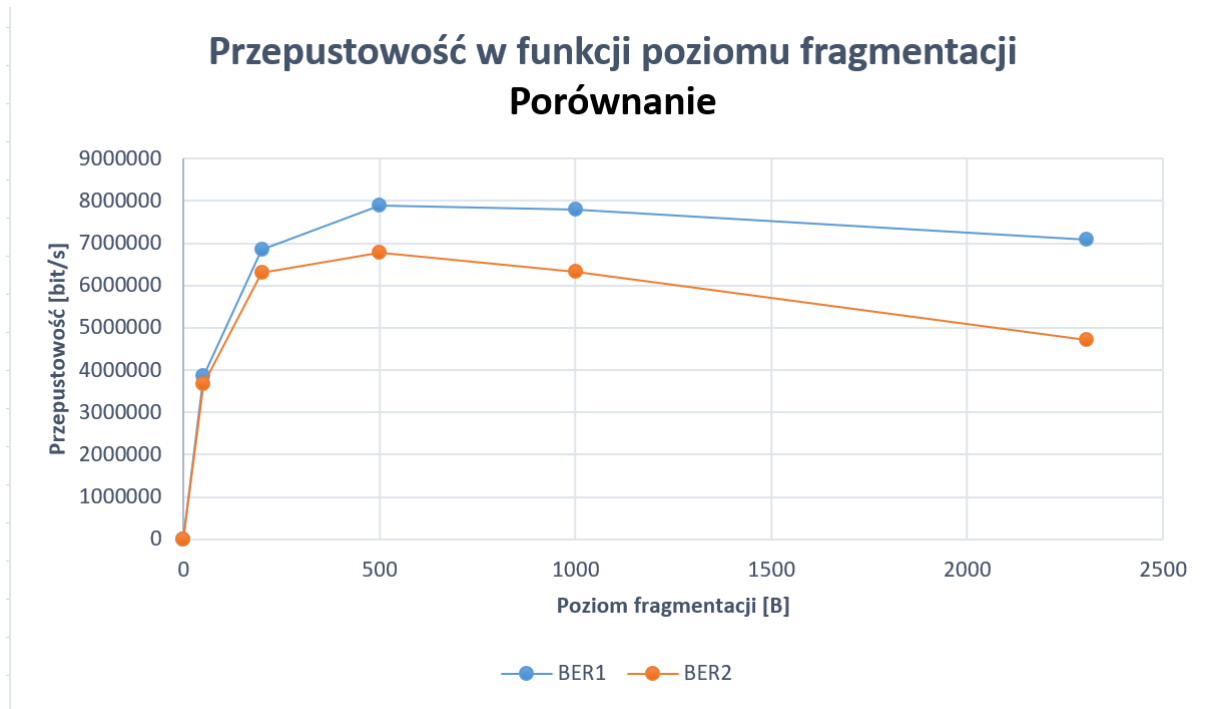
Rysunek 6: Przepustowość w funkcji poziomu fragmentacji dla $BER = 0,75 \cdot 10^{-5}$



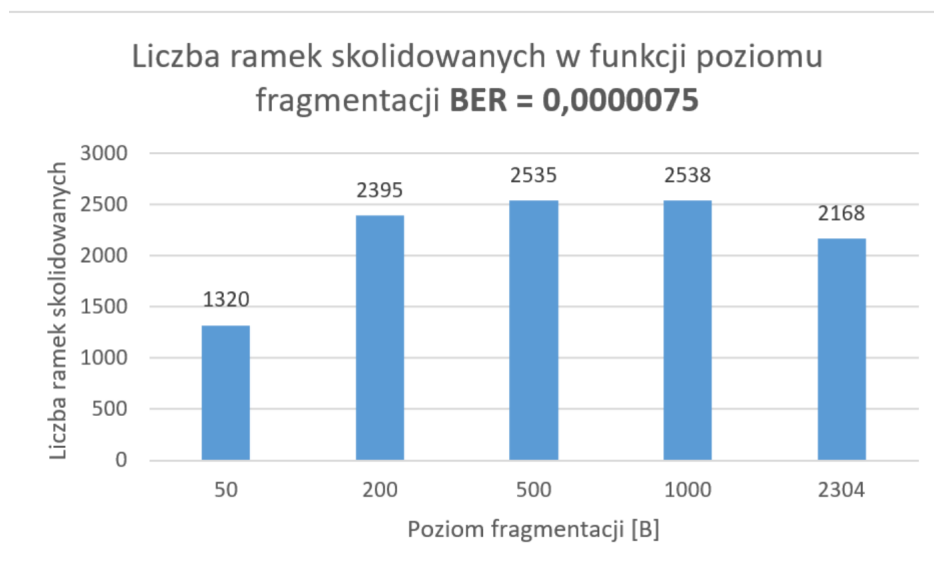
Rysunek 7: Przepustowość w funkcji poziomu fragmentacji dla $BER = 3,25 \cdot 10^{-5}$



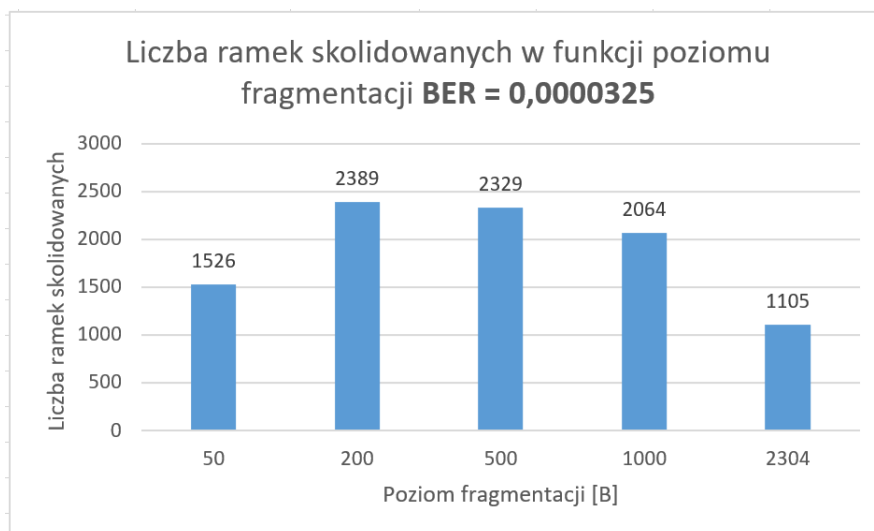
Rysunek 8: Porównanie wykresów



Rysunek 9: Liczba ramek skolidowanych w funkcji poziomu fragmentacji dla $BER = 0,75 \cdot 10^{-5}$



Rysunek 10: Liczba ramek skolidowanych w funkcji poziomu fragmentacji dla $BER = 3,25 \cdot 10^{-5}$



2.4 Wnioski i omówienie wyników

Przeprowadzone symulacje pozwalają na wyciągnięcie konkretnych wniosków dotyczących wpływu badanego parametru (poziomu fragmentacji) na osiąganą przepływność w odniesieniu do dwóch różnych kanałów.

- Rysunek 2 oraz 3 pokazują, że dla kanału o większym BER prawdopodobieństwo kolizji ramki (FER) jest znacznie większe niż dla kanału o mniejszym BER zarówno dla ramki danych jak i ack.
- Tak jak pokazuje Rysunek 6 oraz 7, fragmentacja ramek wychodzących przy odpowiednim poziomie (maximum 500B) maksymalizuje przepustowość dzięki zwiększeniu ilości ramek, które mają mniejszy rozmiar niż oryginalna ramka (2000B), dzięki którym nie musimy retransmitować tak dużych ramek w przypadku kolizji. Z drugiej strony zbyt mała ramka powoduje gwałtowny spadek przepustowości ponieważ dochodzi wtedy zbyt duży narzut nagłówka, który zabiera nam cenne pasmo i zatyka sieć. Rozwiązaniem tego problemu może być agregacja ramek oraz potwierdzenia blokowe, które wykorzystują bitowe mapy potwierdzeń do wskazania na poprawności odbioru ramek zamiast wysyłania ACK dla pojedynczej ramki.
- Rysunek 8 obrazuje porównanie dwóch kanałów radiowych gdzie $BER_2 > BER_1$, jednak w przypadku kanału drugiego możemy osiągnąć mniejszą o 10Mbps przepustowość, szybciej spada również jej poziom przy zwiększaniu i zmniejszaniu długości ramki z optymalnego poziomu 500B, ramki w gorszym kanale muszą być retransmitowane częściej co obrazuje nachylenie krzywej we wspomnianych fragmentach.
- Rysunek 9 oraz 10 przedstawia liczbę skolidowanych ramek- najwięcej jest ich dla poziomu bliskiego optymalnego poziomu fragmentacji (200 lub 500). Jest to spowodowane z jednej strony wysokim prawdopodobieństwem odrzucenia ramki (FER dla dużych ramek jest wysoki), a z drugiej strony ilością wysyłanych ramek (w przypadku małych ramek ich ilość jest większa w radiowym medium transmisyjnym).

- Porównanie Rysunków 9 i 10 nasuwa dodatkowo jeszcze jeden wniosek- dla niskiego poziomu fragmentacji liczba skolidowanych ramek jest większa dla BER2 (Jest dużo tych ramek w sieci, mają niskie FER - czynnikiem decydującym jest jakość kanału), jednak dla wyższych poziomów fragmentacji więcej ramek skolidowanych jest dla lepszego kanału. Bierze się to z tąd, że przesyłanie ramek ack również jest utrudnione w słabszym kanale. W związku z tym nawet w przypadku kiedy mamy większą ilość skolidowanych ramek w lepszym kanale, osiągamy lepszą przepustowość bo udaje nam się również przesłać więcej ramek.

3 Zadanie nr.2 - 1.4.6 e) II

3.1 Wstęp teoretyczny

Drugie ćwiczenie dotyczy badania wpływu narzutu nagłówka warstwy fizycznej na przepustowość sieci. Nagłówek warstwy fizycznej jest nakładany przez podwarstwę PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) i może stanowić problem dla wydajności sieci ze względu na niższą szybkość przesyłania tych danych przez podwarstwę PMD (*Physical Medium Dependent*) poprzez medium radiowe.

Ze względu na ograniczenia programu COMNET, który nie bierze pod uwagę faktu, że nagłówek może być transmitowany z prędkością podstawową nawet w przypadku gdy reszta ramki jest transmitowana z wyższą prędkością, musimy przeskalować parametr Frame Overhead tak żeby dla większych prędkości był on większy według poniższego wzoru:

$$\text{FR.OH.} = 8 \text{ B} * (\text{BANDWIDTH}/6000000) + 34 \text{ B}$$

Dzięki temu zabiegowi będziemy mogli zasymulować działanie wpływu tego nagłówka na działanie sieci. Zebrane wyniki podsumowano w poniższej tabeli.

3.2 Opis czynności związanych z symulacją

Rysunek 11: Tabela ilustrująca symulowany overhead w zależności od Bandwidth

Bandwith	FR.OH
6000000	42
18000000	58
36000000	82
54000000	106

Dla ustalonego ruchu oferowanego 100Mbps wyliczono wartości IAT równą 0,00032s oraz 0,0064s. Jako czas symulacji ze względu na zasoby komputera wybrano 2s i wielkość ramki 2000B. Symulacje wykonano osobno dla skonfigurowanego parametru w obiekcie Computer group:

- 2 stacje

- 40 stacji

Symulacje wykonano dla następujących wartości Bandwidth, które ustawiano w obiekcie Computer group:

- 6Mbps
- 18Mbps
- 36Mbps
- 54Mbps

3.3 Przedstawienie wyników symulacji

Zabrane wyniki gromadzono w tabelach przedstawionych poniżej:

Rysunek 12: Tabela przedstawiająca wyniki symulacji dla 2 stacji

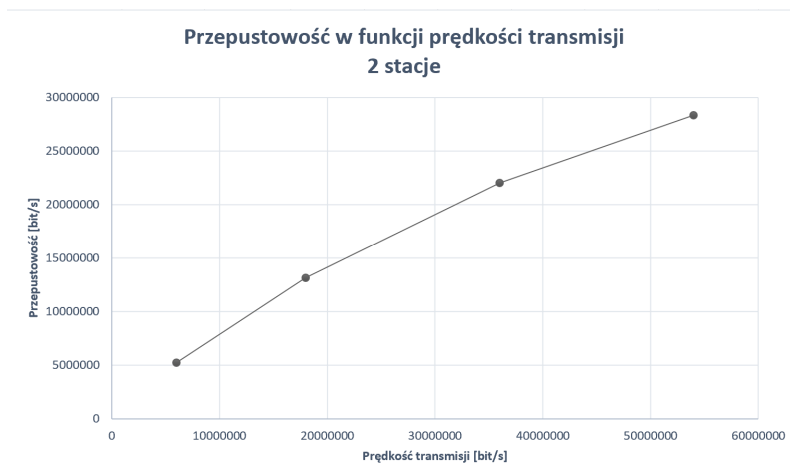
r.ofer	IAT	r.real
100000000	0,00032	5232000
100000000	0,00032	13136000
100000000	0,00032	22008000
100000000	0,00032	28352000

Rysunek 13: Tabela przedstawiająca wyniki symulacji dla 40 stacji

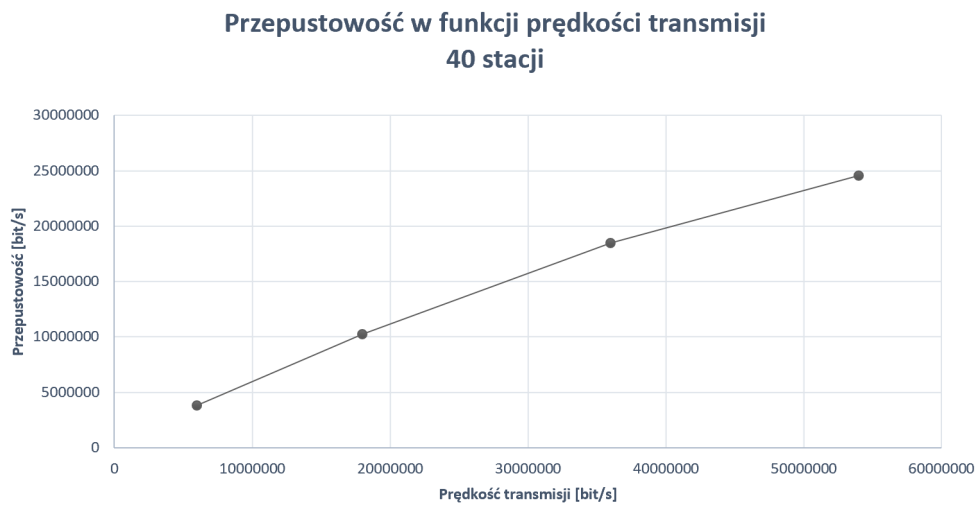
r.ofer	IAT	r.real
100000000	0,0064	3792000
100000000	0,0064	10256000
100000000	0,0064	18512000
100000000	0,0064	24544000

Następnie sporządzono wykresy przedstawiające zależność przepływności w funkcji prędkości transmisji.

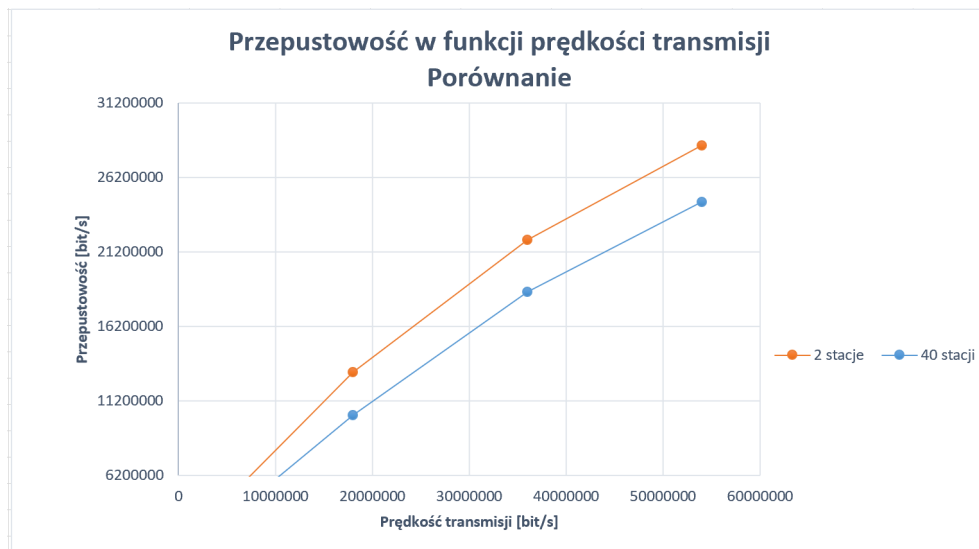
Rysunek 14: Wykres przedstawiający przepustowość w funkcji prędkości transmisji dla 2 stacji



Rysunek 15: Wykres przedstawiający poziom przepustowości w funkcji prędkości transmisji dla 40 stacji



Rysunek 16: Wykres przedstawiający poziom przepustowości w funkcji prędkości transmisji - porównanie



3.4 Wnioski i omówienie wyników

- Uzyskane wyniki pozwalają wyciągnąć konkretne wnioski dotyczące wpływu narzutu nagłówka w warstwie fizycznej na działanie sieci - narzut nagłówka warstwy fizycznej wpływa negatywnie na wydajność transmisji.
- Rysunki 12 oraz 13 przedstawiają wyniki symulacji dla różnej ilości stacji- widać wyraźnie większą przepustowość dla scenariusza z mniejszą ilością stacji. .
- Rysunki 14 oraz 15 ukazują zależność pomiędzy przepustowością oraz prędkością transmisji - w obu przypadkach ta zmiana jest rosnąca, a więc wraz ze wzrostem prędkości transmisji wzrasta przepustowość. Warto zaznaczyć, że wartości są nieco mniejsze

od odpowiadających im argumentów. Jest to spowodowane właśnie narzutem nagłówka warstwy fizycznej, który jest transmitowany z prędkością podstawową. Ta różnica jest coraz bardziej uciążliwa przy wzroście prędkości transmisji (prosta jest coraz łagodniej nachylona).

- Rysunek 16 obrazuje różnicę w wykresach pomiędzy scenariuszem z czterdziestoma oraz dwoma stacjami. Widać wyraźnie mniejszą przepustowość związaną z ilością stacji w sieci- nagłówki warstwy fizycznej jest transmitowany do każdej z nich z prędkością podstawową
- Jednym ze sposobów na radzenie sobie z tym problemem może być przejście na wyższy poziom podstawowej szybkości transmisji- musi być ono jednak poprzedzone upewnieniem się, że wszystkie urządzenia w sieci wspierają tę wartość ponieważ nie tylko ruch kontrolny ale i transmisja broadcast oraz unicast odbywa się z wykorzystaniem prędkości podstawowej.
- Innym sposobem może być redukcja ilości informacji sterującej poprzez agregację kilku ramek i wysyłanie ich pod wspólnym nagłówkiem.

4 Podsumowanie

Podsumowując wykonanie projektu można zauważyć, że istnieje duża ilość parametrów, które wpływają na działanie sieci bezprzewodowej standardu 802.11. Poprzez obserwację skutków zmian wielkości związanych z transmisją (np. fragmentacji, ilości stacji w sieci, wartości bitowej stopy błędów) można wyciągnąć informacje pozwalające zoptymalizować działanie sieci tak aby osiągnąć najwyższą możliwą przepustowość. Projekt pozwolił mi również na poznanie od praktycznej strony środowiska COMNET oraz zapoznanie się z możliwymi środkami przeciwdziałającymi negatywnym zjawiskom pojawiającym się w sieci standardu 802.11.

Literatura

M. Natkaniec: Wykłady dla przedmiotu Bezprzewodowe Sieci Teleinformatyczne

P. Gajewski, S. Wszelak: Technologie bezprzewodowych sieci teleinformatycznych

Cisco Systems: Akademia sieci Cisco CCNA semestry 1 i 2