

05.01.2020

Martyna Zgnilec 300541  
Karolina Niewiarowska 300585  
Łukasz Śleboda 300519

Prowadzący: dr hab. inż. Halina Tarasiuk

## Monitorowanie i pomiary w sieciach IP

### Sprawozdanie końcowe - Projekt

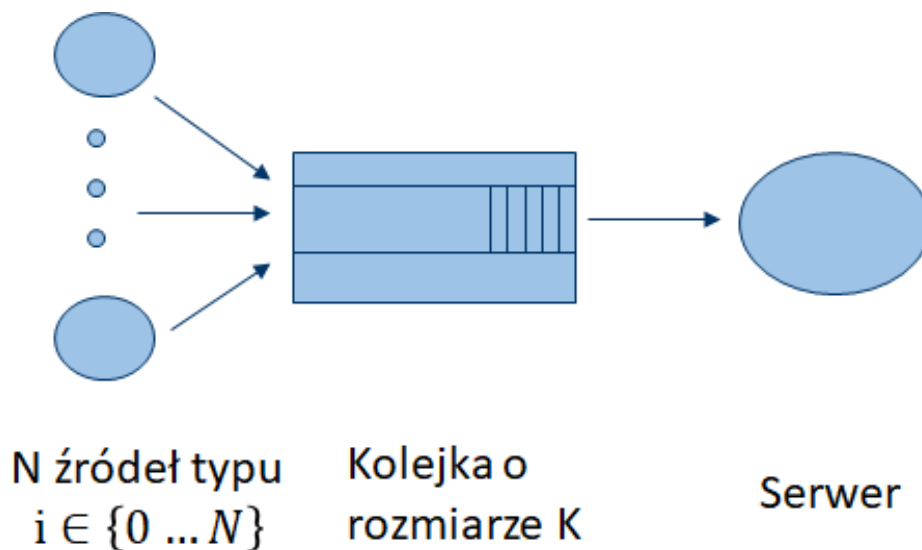
**Temat projektu: Węzeł, który modelujemy jako kolejkę FIFO o rozmiarze  $K$  wyrażonym w liczbie pakietów. Przy tym samym średnim obciążeniu porównujemy działanie systemu dla źródeł C i D.**

## 1. DOKUMENTACJA MODELU SYMULACYJNEGO

Celem projektu jest zrealizowanie symulatora pozwalającego na przeprowadzenie symulacji dla węzła, który połączony jest z źródłem, które generuje pakiety. Węzeł modelowany jest jako kolejka FIFO o rozmiarze  $K$  wyrażonym w liczbie pakietów. Do wykonania symulacji wykorzystano dwa rodzaje źródeł ruchu, opisane w następujący sposób:

- Napływ pakietów o stałej szybkości bitowej (CBR), stały rozmiar pakietu;
- Źródło typu ON/OFF, gdzie długości stanów ON i OFF są opisane deterministycznie, stała długość pakietu.

Symulator ma za zadanie umożliwić pomiar średniej liczby pakietów w kolejce, średniego czasu oczekiwania w kolejce, średniego obciążenie serwera oraz zmierzyć poziom strat pakietów dla kolejki o rozmiarze  $K$ .



### Realizacja

Parametrem każdej symulacji jest rozmiar kolejki  $K$  wyrażonej w liczbie pakietów, oraz szybkość bitowa na łączu kolejka-serwer wyrażona w b/s.

#### Źródła generujące ruch

##### CBR (ang. *CBR – Constant Bit Rate*)

Jest to strumień pakietów o takim samym rozmiarze, które są generowane przez źródło w takich samych odstępach czasu. Tworzymy go podając następujące parametry wejściowe:

- Maksymalna szybkość bitowa - *peak rate*
- Rozmiar pakietu
- Odstęp pomiędzy przybyciem - rozmiar pakietu / maksymalną szybkość bitową

Parametry wejściowe dla źródła są wprowadzane w symulacji ręcznie, w zależności od danego scenariusza symulacji.

### Źródło typu ON/OFF

Jest to źródło generujące pakiety, posiada dwa stany "ON", "OFF". Gdy aktywny jest stan "ON" źródło generuje pakiety. Parametrami wejściowymi źródła są:

Dla stanu ON:

- Stała liczba pakietów
- Stały rozmiar pakietów
- Napływ pakietów z maksymalną szybkością bitową w stanie ON.

Dla stanu OFF:

- Stały czas trwania stanu

Średnia szybkość bitowa źródła ON/OFF to: (Długość stanu ON / (Długość stanu ON + długość stanu OFF \* maksymalna szybkość bitowa w stanie ON)).

Źródło to jest deterministyczne - nie zawiera żadnych elementów o charakterze losowym. Zakładamy, że parametry wejściowe dla źródła są wprowadzane ręcznie w zależności od danego scenariusza symulacji.

## Badane parametry modelu symulacyjnego

**Liczba pakietów napływających do systemu**

**Liczba obsłużonych pakietów przez serwer**

**Liczba odrzuconych pakietów w kolejce**

**Procent obsługi zakończony powodzeniem**

Stosunek liczby obsłużonych pakietów do wysłanych \*100%

**Średni czas oczekiwania w kolejce na obsługę**

Otrzymywany ze wzoru:

$$\hat{d}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

gdzie  $D_i$  to czas oczekiwania  $i$ -tego klienta, a  $n$  to liczba czasów oczekiwania.

**Średnia liczba pakietów w kolejce**

$$\hat{q}(n) = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} iT_i}{T(n)}$$

$T_i$  - czas podczas symulacji, kiedy kolejka ma długość  $i$   
 $T(n)$  - czas symulacji

### Średni czas obsługi pakietu przez serwer

Czas ten będzie stały i liczymy go jako stosunek długości pakietu do szybkości bitowej serwera.

### Średnie obciążenie systemu

$$\hat{u}(n) = \frac{\int_0^{T(n)} B(t) dt}{T(n)}$$

$B(t)$  - funkcja zajętości,  $B(t) = 1$ , kiedy serwer jest zajęty w czasie  $t$ ,  $B(t)=0$ , kiedy serwer jest wolny w czasie  $t$ .

$T(n)$  - czas symulacji

## Moduły modelu symulacyjnego

### Stan systemu

Jest to zbiór zmiennych opisujący stan systemu w poszczególnych chwilach czasowych.

### Zegar symulacji

Zmienna odpowiadająca za opis aktualnego czasu symulacji.

### Lista zdarzeń

Jest to lista zawierająca informację o czasie wystąpienia kolejnego zdarzenia w systemie.

### Algorytm inicjalizujący

Odpowiada za inicjalizację modelu symulacyjnego w czasie 0. Tworzy węzeł oraz wszystkie potrzebne mu elementy, tak aby program był gotowy na nadejście pakietów od klienta.

### Algorytm zdarzeniowy

Podprogram, który uaktualnia stan systemu, kiedy wystąpi kolejne zdarzenie (dla każdego typu zdarzenia jest dedykowany jeden podprogram).

Występujące zdarzenia:

- **Nadejście pakietu ze źródła i**  
Po nadejściu pakietu algorytm sprawdza w jakim stanie znajduje się serwer (wolny czy zajęty). W zależności od odpowiedzi przechodzimy do jednego z dwóch kolejnych stanów.
- **Zakończenie obsługi pakietu**

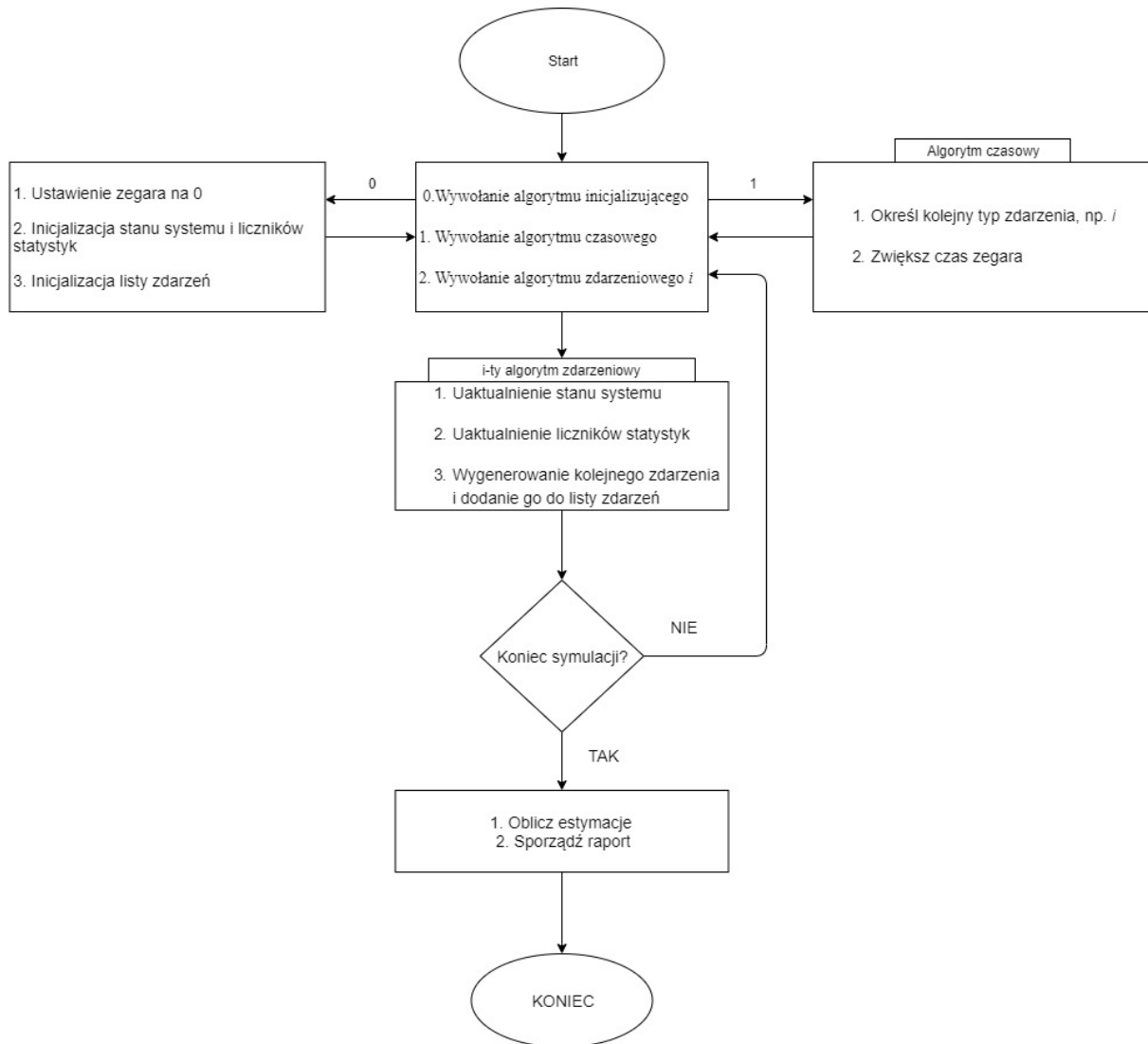
### Generator raportów

Podprogram obliczający charakterystyki na podstawie zmierzonych za pomocą symulacji wartości. Dokonuje generacji raportu końcowego po zakończeniu symulacji.

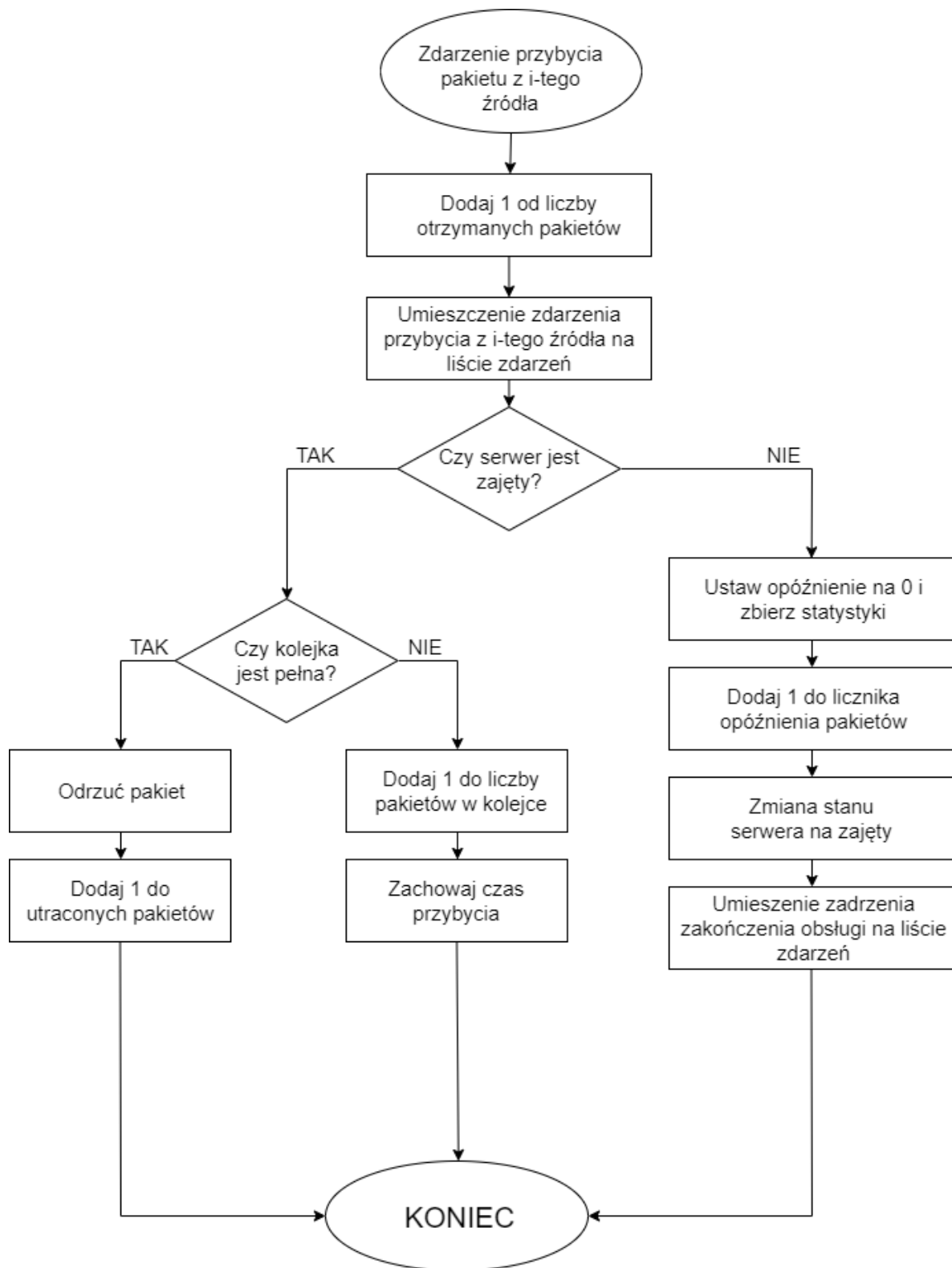
### Program główny

Odpowiada za przeprowadzenie symulacji.

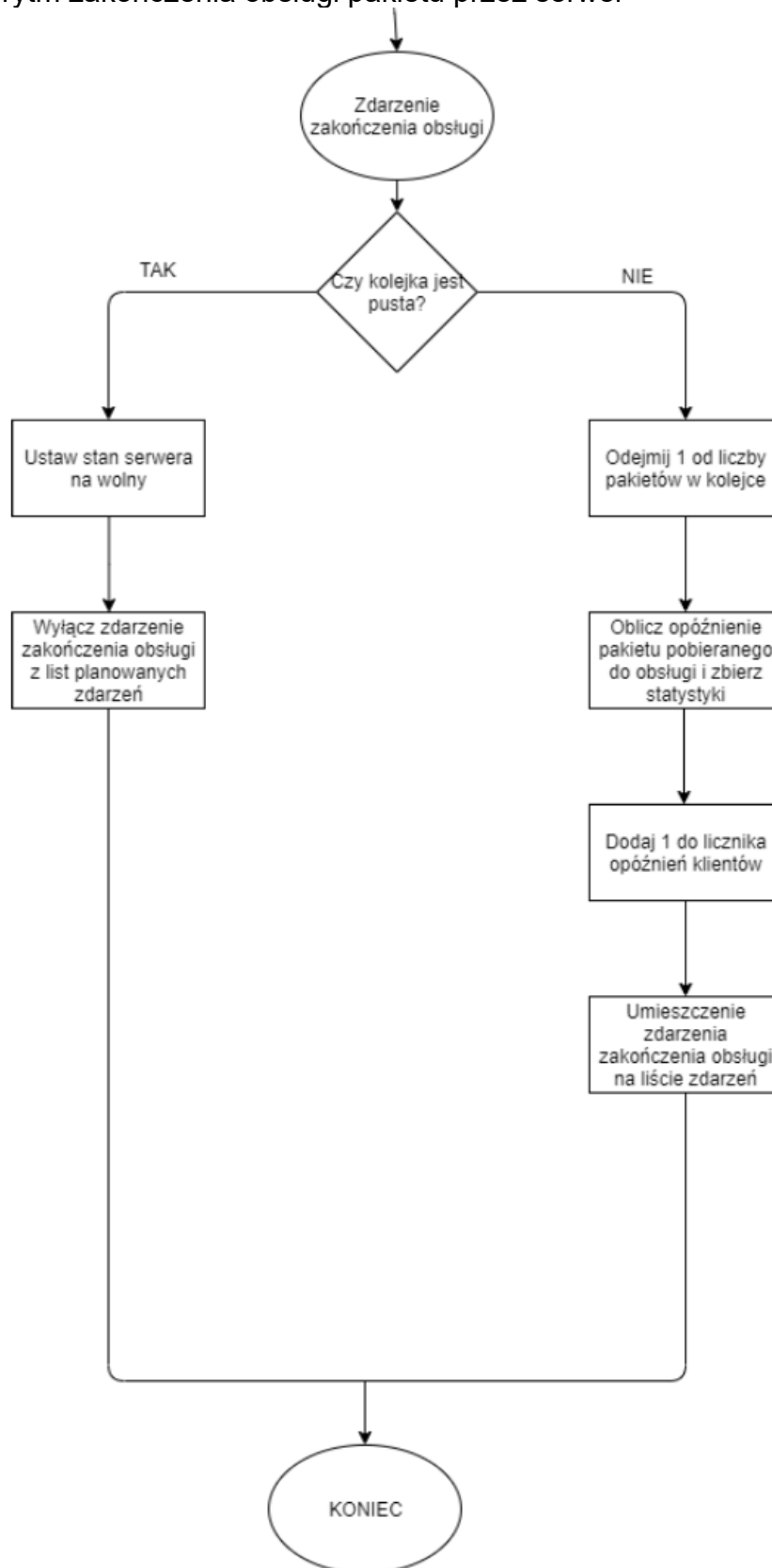
# Algorytmy



## 1. Algorytm zdarzenia przybycia klienta



2. Algorytm zakończenia obsługi pakietu przez serwer





## 2.OPIS WYNIKÓW BADAŃ

### Cel badań

Celem badań jest zauważenie wpływu zmian wartości parametrów wejściowych na mierzone parametry modelu symulacyjnego. W symulacjach będziemy dokonywać zmian następujących parametrów wejściowych:

- rozmiar kolejki K – symulacja numer 1,
- przepływność serwera - symulacja numer 2,
- szybkości nadejścia pakietów – symulacja numer 3,
- czas trwania sanu OFF – symulacja numer 4,
- rozmiar pakietu. – symulacja numer 5.

### Topologia testowa

Wykonywane testy składały się ze 100 symulacji. Miało to na celu weryfikację i uśrednienie wyników. Charakterystyki zostaną wykonane na podstawie 5 punktów pomiarowych. Przedstawione wyniki numeryczne poszczególnych badań są średnią z wykonanych 100 symulacji. Dla symulacji numer 1, 2, 3 oraz 5 badanie przeprowadzone jest dla obu typów źródeł. Symulacje dla obu typów źródeł zostaną przeprowadzone dla takich samych parametrów wejściowych, aby umożliwić porównanie ich działania. Symulacja numer 4 została wykonana tylko dla źródła ON/OFF. Jej celem było zbadanie zachowania źródła ON/OFF, aby umożliwić zrozumienie charakterystyki jego działania.

### Walidacja modelu symulacyjnego

#### Deklaracja parametrów wejściowych

```
Server bit rate:
10
Queue size:
3
Number of sources:
2
Select type of source:
1-> ON/OFF type
2-> CBR type
2
peak rate:
10
Package size:
10
Number of package:
3
```

Rysunek 1

### Zainicjowana lista zdarzeń

```
[EVENT LIST]
Source ID: 2 Time: 0,16Type: Coming
Source ID: 1 Time: 0,55Type: Coming
Source ID: 2 Time: 1,16Type: Coming
Source ID: 1 Time: 1,55Type: Coming
Source ID: 2 Time: 2,1599998Type: Coming
Source ID: 1 Time: 2,55Type: Coming
```

Rysunek 2

### Lista zdarzeń po wykonaniu algorytmu

```
[EVENT LIST]
Source ID: 2 Time: 0,16Type: Coming
Source ID: 1 Time: 0,55Type: Coming
Source ID: 2 Time: 1,16Type: Coming
Source ID: 2 Time: 1,161Type: Finish
Source ID: 1 Time: 1,55Type: Coming
Source ID: 2 Time: 2,1599998Type: Coming
Source ID: 1 Time: 2,162Type: Finish
Source ID: 1 Time: 2,55Type: Coming
Source ID: 2 Time: 3,1629999Type: Finish
Source ID: 1 Time: 4,164Type: Finish
Source ID: 2 Time: 5,165Type: Finish
Source ID: 1 Time: 6,166Type: Finish
```

Rysunek 3

### Wyniki odczytane z logów symulacji

```
[SIMULATION LOG]
Lost: 0
Received: 6
Average Time in Queue: 1,569
Average Package In Queue: 1,272
Simulation Time: 6,166
Server Load: 0,974
Percent Of Success: 100
```

Rysunek 4

## Wyniki otrzymane z obliczeń teoretycznych

### Źródło I

Pierwszy pakiet u  $t = 0,16s$

II pakiet u  $t = 1,16s$

III pakiet u  $t = 2,16s$

$$\text{Czas między pakietami} = \frac{\text{Rozmiar pakietu}}{\text{szybkość źródła}} = 1s$$

$$\text{Czas obsługi serwera} = \frac{\text{Rozmiar pakietu}}{\text{szybkość serwera}} = 1s$$

$$\text{Rozmiar kolejki} = 3$$

### Źródło II

Pierwszy pakiet u  $t = 0,16s$

II pakiet u  $t = 1,16s$

III pakiet u  $t = 2,16s$

Rysunek 5

## Przebieg Symulacji

1.  $t = 0,16$  nadejście pakietu (server wolny)
2.  $t = 0,55$  nadejście (dodanie do kolejki)
3.  $t = 1,16$  nadejście (dodanie do kolejki)
4.  $t = 1,16$  zakończenie obsługi 1.
5.  $t = 1,16$  wyjście z kolejki 2.
6.  $t = 1,55$  nadejście (dodanie do kolejki)
7.  $t = 2,16$  nadejście (dodanie do kolejki)
8.  $t = 2,16$  zakończenie obsługi 2. wyjście z kolejki 3.
9.  $t = 2,55$  nadejście (dodanie do kolejki)
10.  $t = 3,16$  zakończenie obsługi 3.
11.  $t = 4,16$  zakończenie obsługi 6.
12.  $t = 5,16$  zakończenie obsługi 7.
13.  $t = 6,16$  zakończenie obsługi 9.

Rysunek 6

## Badania symulacyjne i wyniki numeryczne

### Symulacja 1 - Badanie wpływu rozmiaru kolejki w zakresie (2 - 10 000)

#### Źródło CBR:

- Przepływność serwera: 10Mb/s
- Liczba źródeł typu CBR: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50

Souce	CBR				
Queue length	2	10	100	1000	10000
Lost	47300	46500	37500	0	0
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	1,91337	8,57703	57,8148	237,772	236,616
Average packets in queue	1,8381	8,31249	57,5392	237,038	237,004
Simulation time	2706,45	3508,21	12466,9	50054,6	49814,1
Server load	0,99862	0,99866	1	0,99991	1
Percent of success [%]	5,4	7	25	100	100

Tabela 1

#### Źródło ON/OFF:

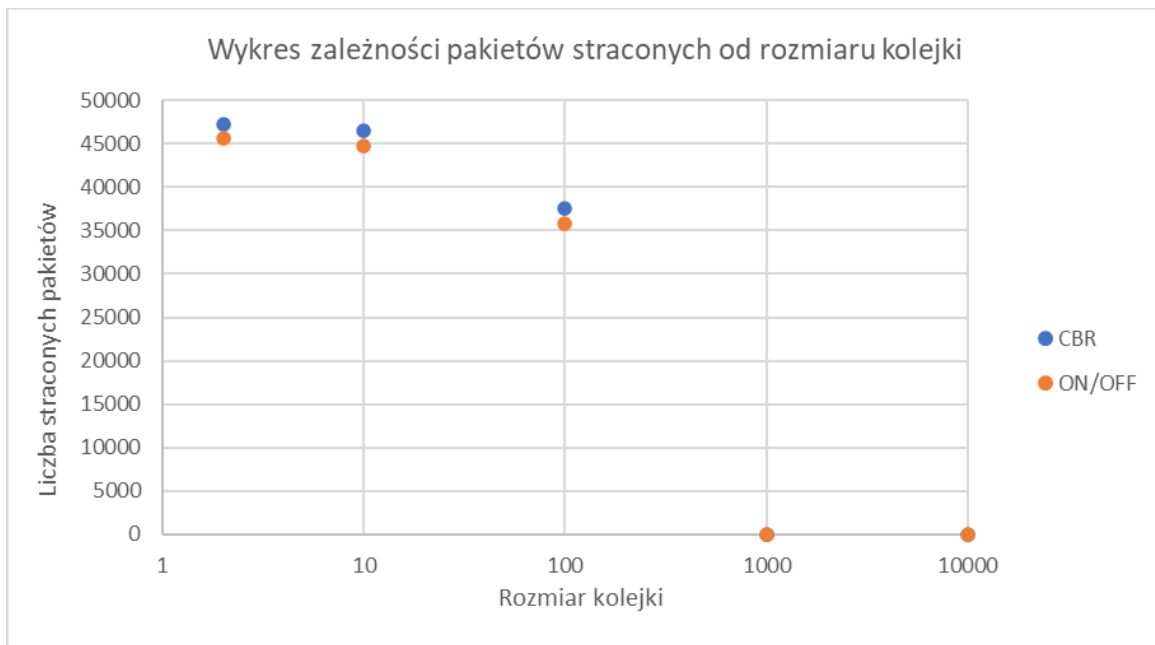
- Przepływność serwera: 10Mb/s
- Liczba źródeł typu ON/OFF: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Czas trwania stanu Off: 2s
- Czas trwania stanu On: 4s

Souce	ON/OFF				
Queue length	2	10	100	1000	10000
Lost	45574	44774	35726	0	0
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	1,8612	8,74405	60,1997	224,518	229,061
Average packets in queue	1,80735	8,54835	60,6274	228,834	229,162
Simulation time	4438,03	5237,43	14055,9	48905,3	49867,4
Server load	1	1	1	1	1
Percent of success	8,84835	10,4484	28,5423	100	100

Tabela 2

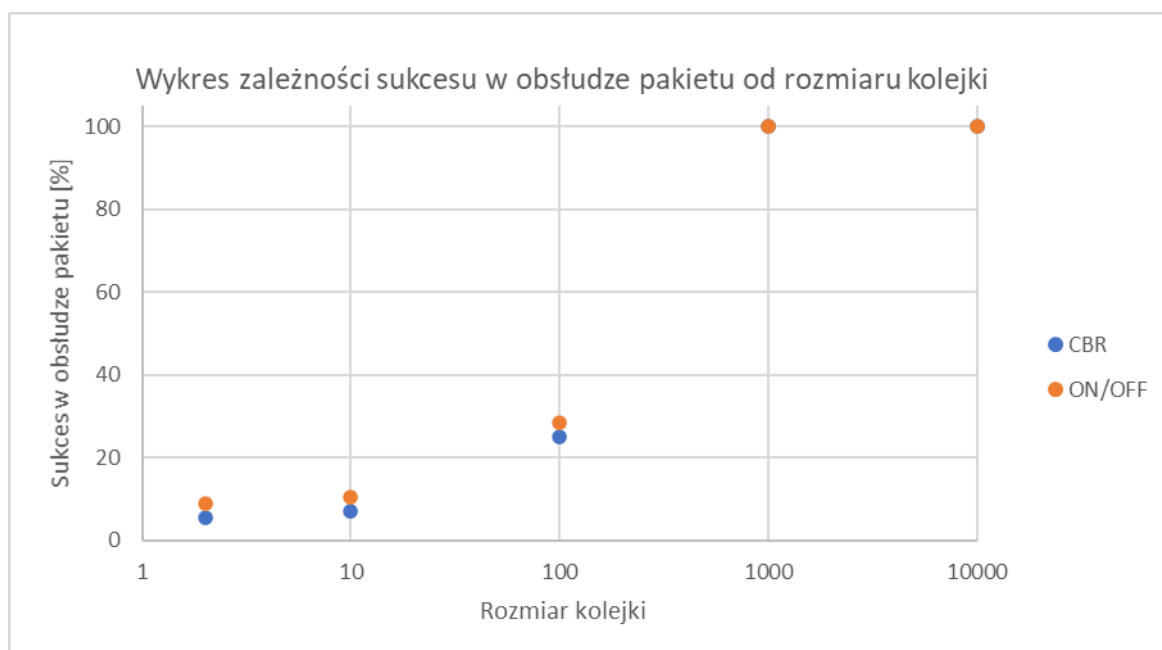
### Źródło ON/OFF:

- Przepływność serwera: 10Mb/s
- Liczba źródeł typu ON/OFF: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Czas trwania stanu Off: 2s
- Czas trwania stanu On: 4s



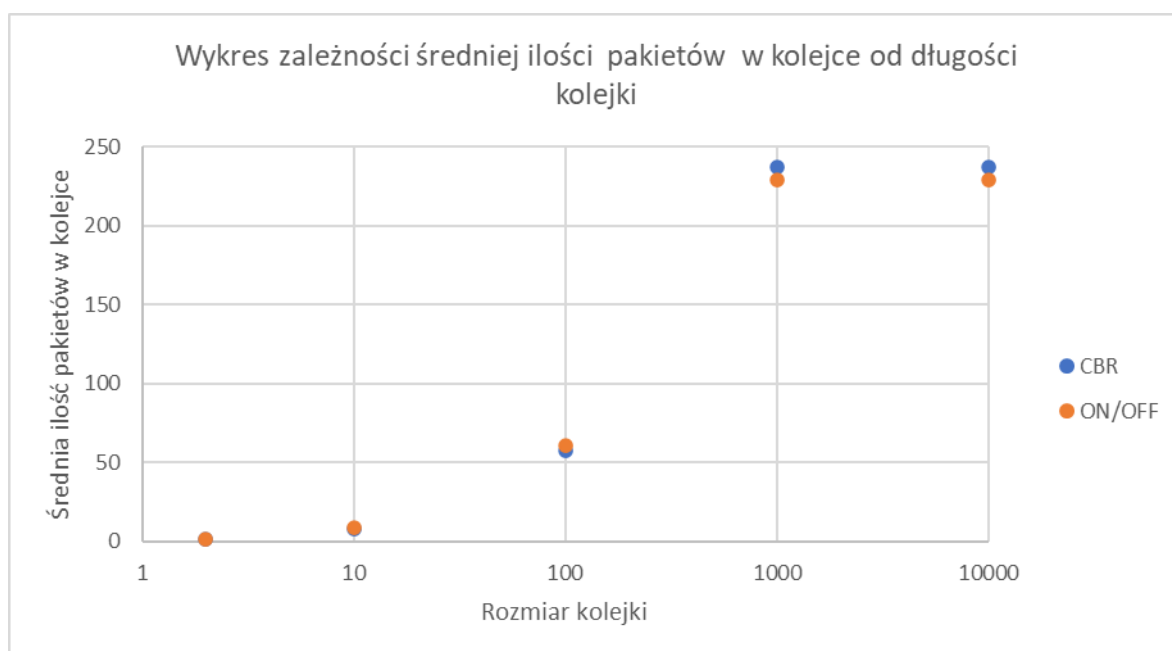
Wykres 1

Na podstawie wykresu przedstawiającego zależność strat pakietów od rozmiaru kolejki (Wykres 1) można zauważyć, że zwiększenie rozmiaru kolejki powoduje zmniejszenie ilości traconych pakietów. Dla źródła CBR ilość utraconych pakietów jest minimalnie większa. Jest to najprawdopodobniej spowodowane charakterystyką działania źródła ON/OFF. Przy użyciu tego źródła pakiety do obsługi napływają tylko w stanie ON. W przypadku zapełnienia kolejki i zmiany stanu na OFF, pakiety z kolejki zaczynają być obsługiwane, kolejka zaczyna się opróżniać, a w dodatku nie będzie dochodziło do kolejnych strat pakietów, ponieważ nie są dostarczane nowe. Wpływ długości trwania stanu ON oraz OFF na symulację zostanie zbadany w Symulacji numer 4. Dla źródła CBR większe straty najprawdopodobniej spowodowane są faktem, że pakiety wygenerowane przez dane źródło napływają ciągle w równych odstępach czasu. Przy odpowiednio dużej kolejce przestaje dochodzić do strat pakietów dla obu rodzajów źródeł.



Wykres 2

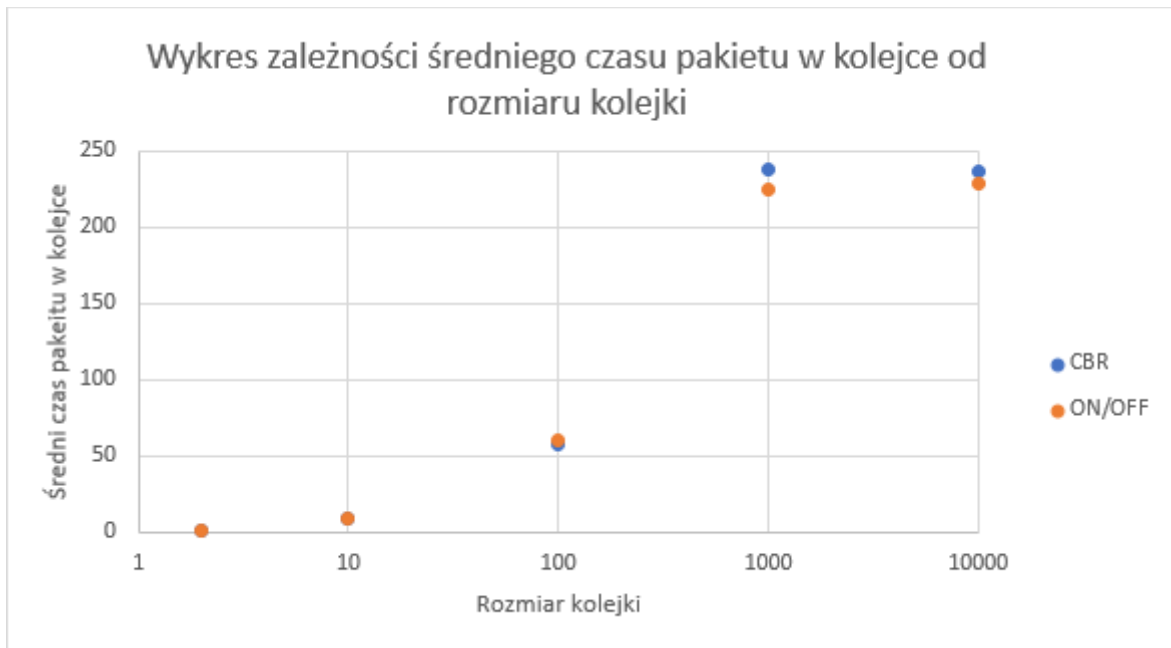
Na podstawie wykresu ukazującego zależność poziomu sukcesu obsługi pakietu od rozmiaru kolejki (Wykres 2) można zauważyć, że wraz ze wzrostem rozmiaru kolejki zwiększa się ilość pakietów, których obsługa zakończyła się sukcesem. Poziom sukcesu obliczany jest jako stosunek liczby obsłużonych pakietów do wysłanych. Na podstawie analizy (Wykresu 1) wiemy, że wraz ze wzrostem rozmiaru kolejki zmniejsza się ilość traconych pakietów. Oznacza to, że uzyskana przez nas charakterystyka pokrywa się z założeniami teoretycznymi - wraz ze wzrostem kolejki, rośnie poziom sukcesu w obsłudze pakietów.



Wykres 3

Na podstawie wykresu przedstawiającego zależność średniej ilości pakietów w kolejce od długości kolejki (Wykres 3), można zauważyć, że wraz ze wzrostem długości kolejki zwiększa się w niej ich średnia liczba. Jest to spowodowane zwiększeniem jej długości. W przypadku

dużej kolejki – 1000 czy 10000, dochodzi do stabilizacji ilości pakietów w kolejce. Oznacza to, że kolejka jest wystraszająco duża, że jest w stanie zmieścić wszystkie napływające pakiety. Z tego powodu, nie dochodzi do start pakietów, dlatego średnia ilość pakietów nie ulega już zmianie.



Wykres 4

Dokonując analizy wykresu zależności średniego czasu pakietu w kolejce od rozmiaru kolejki (Wykres 4) można zauważyć, że wraz ze wzrostem długości kolejki wydłuża się średni czas, jaki pakiet spędza w kolejce. Jest to spowodowane faktem, że im większa kolejka, tym więcej pakietów można zgromadzić - powoduje to wydłużenie czasu jaki dany pakiet spędza w kolejce przed obsługą. W przypadku dużej kolejki (1000, czy 10000) dochodzi do stabilizacji średniego czasu pakietu w kolejce. Wynika to z faktu, że wszystkie przychodzące do obsługi pakiety mieszczą się w kolejce, nie dochodzi do start, dlatego mierzona przez nas wartość nie ulega już znaczącej zmianie.

## Symulacja 2 - Badanie wpływu przepływności serwera w zakresie (2 - 1 000)

### Źródło CBR:

- Rozmiar kolejki: 100
- Liczba źródeł typu CBR: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50

Source	CBR				
Server BitRate	2	10	50	100	1000
Lost	39500	37500	27549	15146	0
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	259,6657	58,03155	14,1533	7,154754	0,006548
Average packets in queue	51,42271	57,48821	46,03581	35,56464	0,032712
Simulation time	52516,13	12517,19	4516,634	3500,527	2496,401
Server load	0,999894	0,999625	0,999119	1	0,22032
Percent of success	21	25	44,902	69,7074	100

Tabela 3

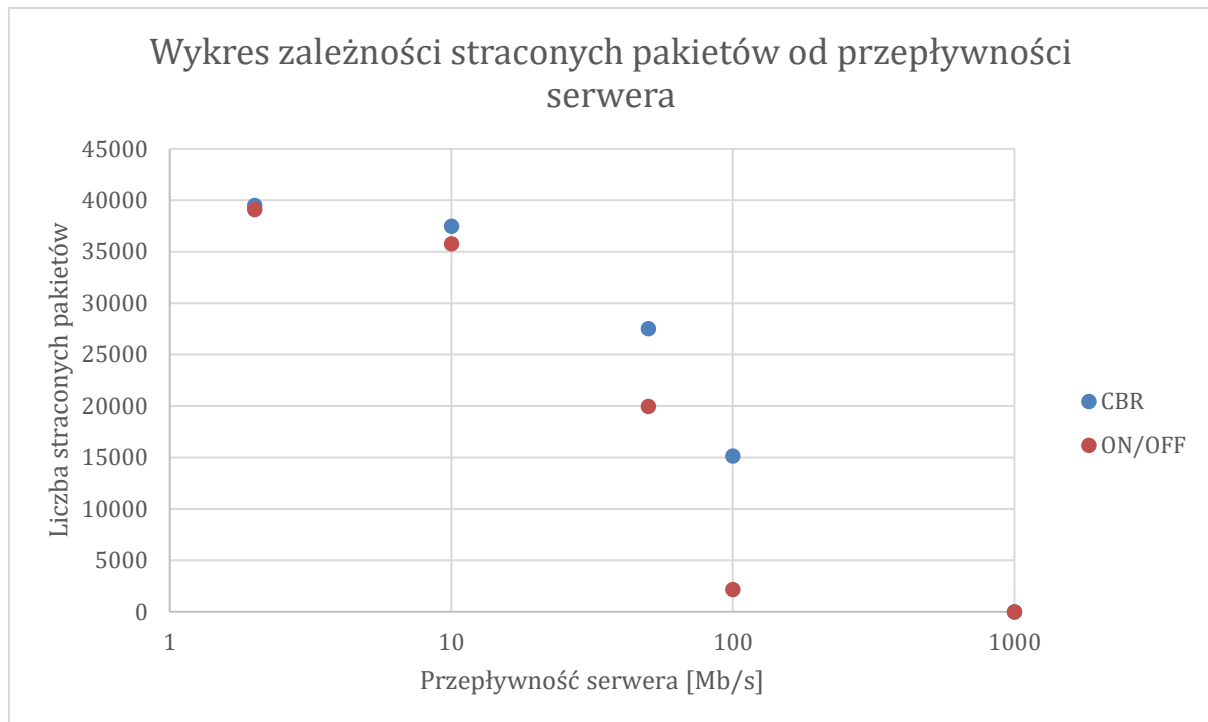
### Źródło ON/OFF:

- Rozmiar kolejki: 100
- Liczba źródeł typu ON/OFF: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Czas trwania stanu Off: 2s
- Czas trwania stanu On: 4s

Source	ON/OFF				
Server BitRate	2	10	50	100	1000
Lost	39103	35793	19978	2169	0
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	266,1296	60,86558	14,32403	5,806269	0,006759
Average packets in queue	62,68044	60,42439	59,49185	54,84428	0,008739
Simulation time	54543,98	14205,22	6124,055	4977,912	4193,564
Server load	0,99912	1	0,985414	0,970528	0,131165
Percent of success	21,794	28,41	60,044	95,662	100

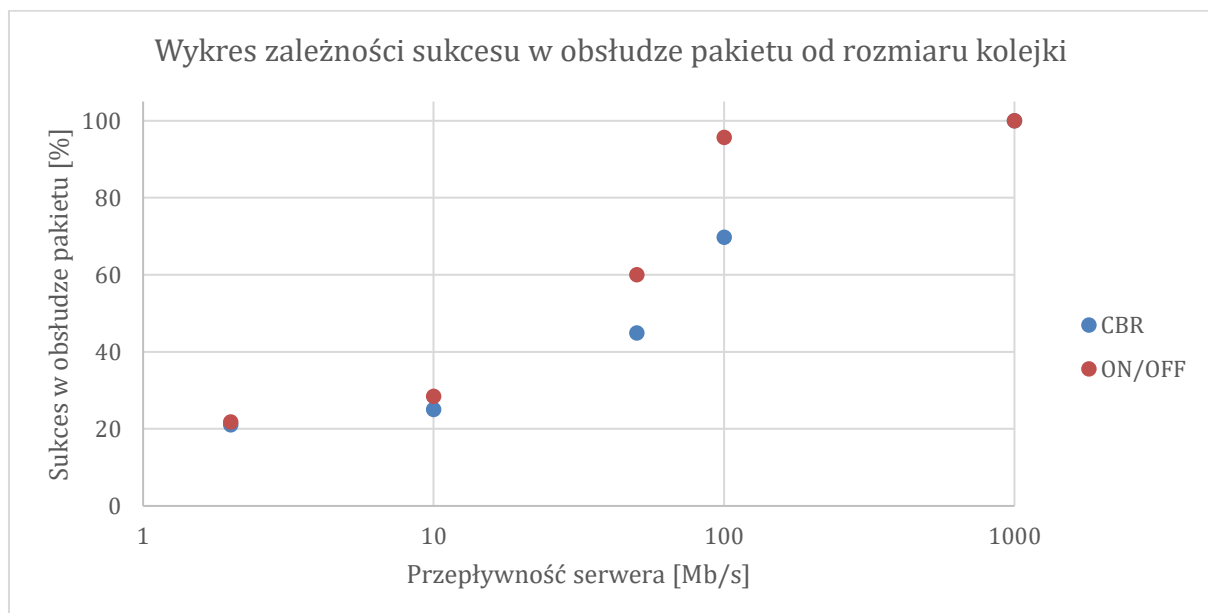
Tabela 4





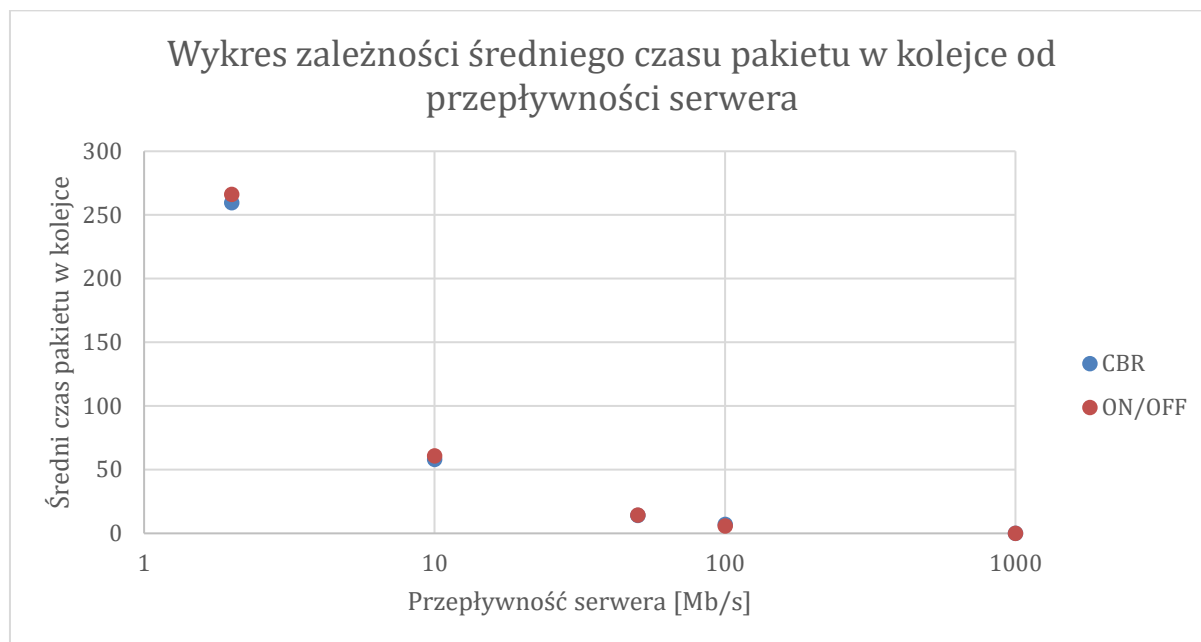
Wykres 5

Na podstawie wykresu przedstawiającego zależność ilości straconych pakietów od przepływności serwera (Wykres 5) można zauważyć, że wraz ze wzrostem przepływności dochodzi do zmniejszenia się liczby straconych pakietów. Dokonując porównania źródeł CBR i ON/OFF można zauważyć, że źródło CBR charakteryzuje się większymi stratami pakietów. Jest to spowodowane omówioną wcześniej różnicą w sposobie napływu pakietów w przypadku źródła ON/OFF. Dla bardzo szybkiego serwera 1000Mbit/s dla obu źródeł nie dochodzi do start pakietów, ponieważ serwer obsługuje pakiety tak szybko, że kolejka nigdy nie zapełni się do końca.



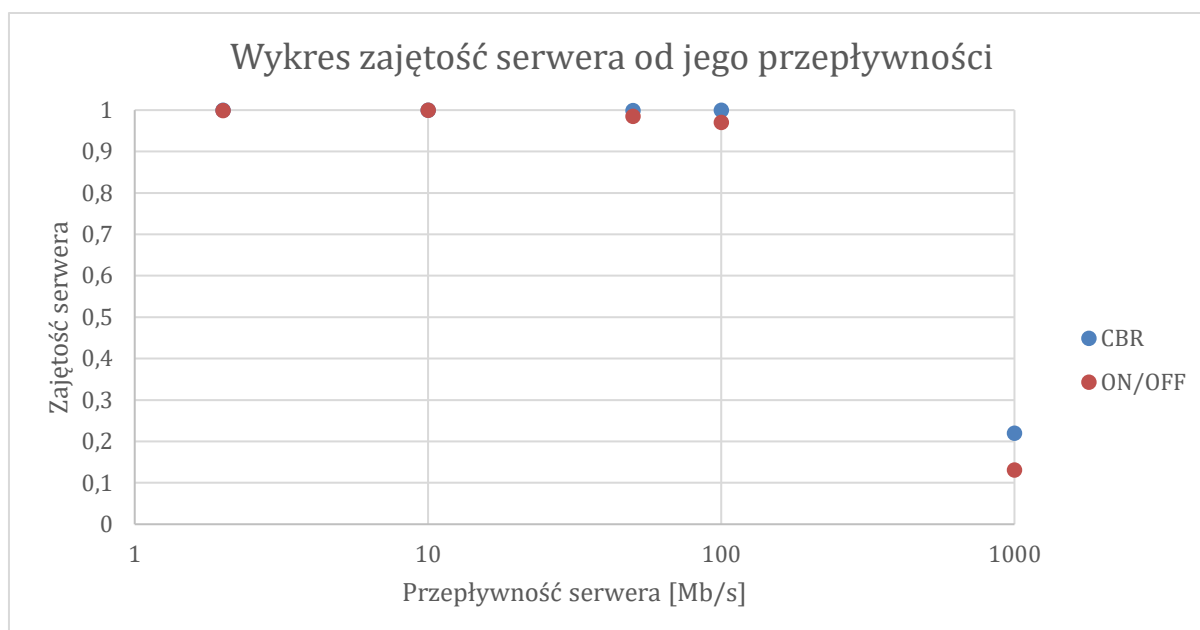
Wykres 6

Dokonując analizy zależności sukcesu w obsłudze pakietu od rozmiaru kolejki (Wykres 6) można zauważyć, że procent pakietów, których obsługa zakończyła się sukcesem rośnie wraz ze wzrostem przepływności serwera. Poziom sukcesu obliczany jest jako stosunek liczby obsłużonych pakietów do wysłanych. Wiemy także z analizy (Wykresu 5), że im większa przepływność serwera tym mniejsze straty pakietów. Oznacza to, że uzyskany procent sukcesu zwiększa się wraz ze wzrostem przepływności serwera. Na tej podstawie można stwierdzić, że uzyskana przez nas charakterystyka pokrywa się z założeniami teoretycznymi.



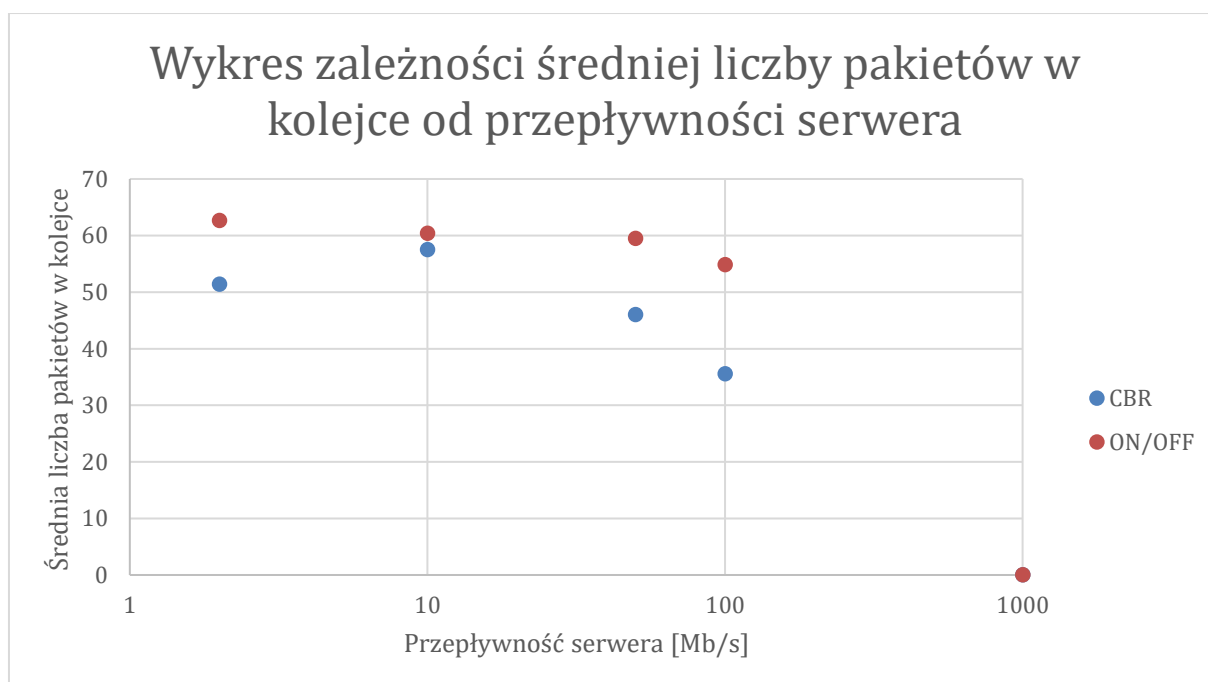
Wykres 7

Na podstawie analizy wykresu przedstawiającego zależność średniego czasu pakietu w kolejce od przepływności serwera (Wykres 7) można zauważyć, że zwiększenie przepływności serwera powoduje zmniejszenie średniego czasu, jaki pakiet spędza w kolejce. Jest to spowodowane faktem, że im szybciej serwer jest w stanie obsługiwać pakiety, tym szybciej pakiety z kolejki są obsługiwane.



Wykres 8

Na podstawie wykresu przedstawiającego zależność zajętości serwera od jego przepływności (Wykres 8) można zauważyć, że wraz ze wzrostem przepływności zmniejsza się zajętość serwera. Jest to spowodowane faktem, że serwer obsługuje pakiety coraz szybciej, dlatego następuje coraz więcej sytuacji, w której serwer zdążył obsłużyć wszystkie pakiety z kolejki i czeka na nadejście nowych pakietów do obsługi napływających ze źródeł.



Wykres 9

Analizując wykres przedstawiający zależność średniej liczby pakietów w kolejce od przepływności serwera (Wykres 9) można zauważyć, że wraz ze wzrostem prędkości z jaką serwer obsługuje pakiety maleje ich średnia liczba w kolejce. Jest to spowodowane faktem, że

są one coraz szybciej wyjmowane z kolejki, a przy bardzo dużej przepływności nawet do niej nie trafiają.

### Symulacja 3 - Badanie wpływu szybkości nadejścia pakietów w zakresie (10 - 10 000)

#### Źródło CBR:

- Przepływność serwera: 50Mb/s
- Rozmiar kolejki: 100
- Liczba źródeł typu CBR: 10
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50

Source	CBR				
PeakRate	10	100	500	1000	10000
Lost	15166	37500	39500	39700	39900
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	14,35702	11,65365	10,43516	10,29548	10,14589
Average packets in queue	71,10427	57,49591	55000	50,72397	49,97735
Simulation time	7010,483	2513,311	2110,539	2070,301	2030,102
Server load	0,998737	0,999678	0,999981	1	1
Percent of success	69,668	25	21	20,6	20,2

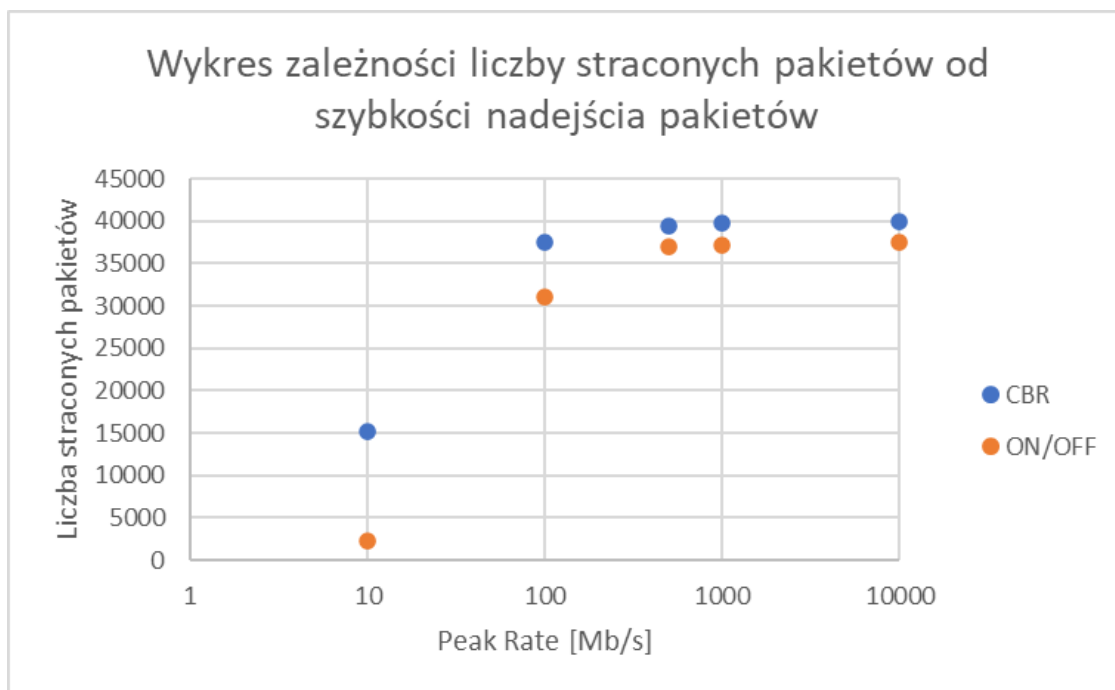
Tabela 5

#### Źródło ON/OFF:

- Przepływność serwera: 50Mb/s
- Rozmiar kolejki: 100
- Liczba źródeł typu ON/OFF: 10
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Czas trwania stanu Off: 2s
- Czas trwania stanu On: 4s

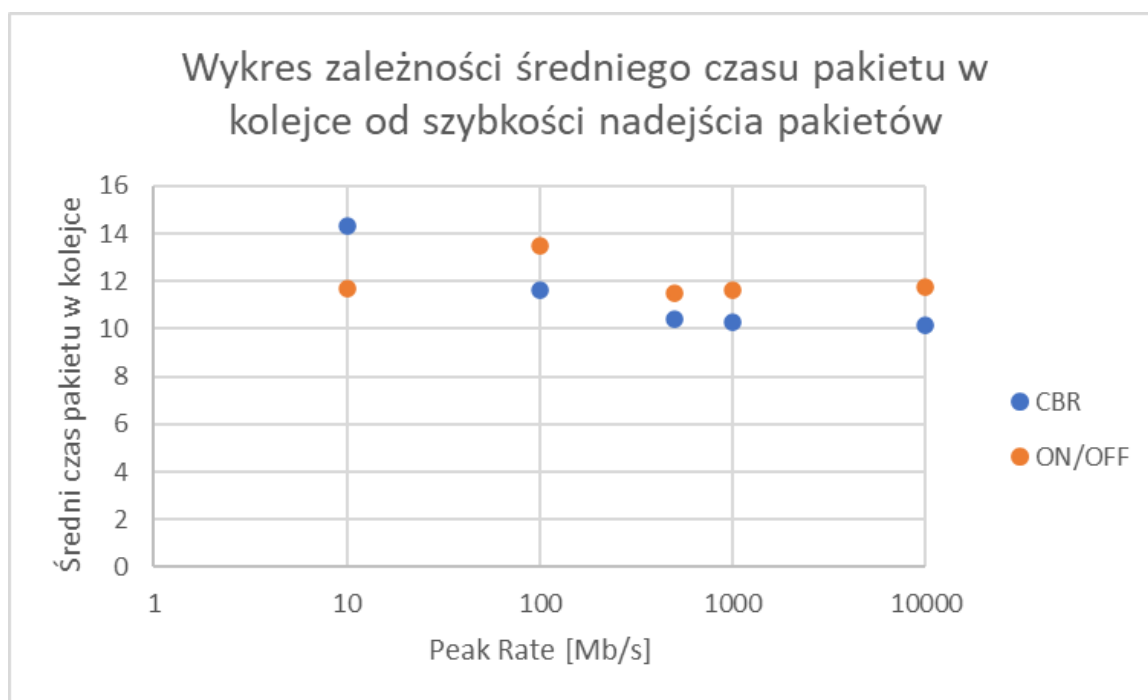
Source	ON/OFF				
PeakRate	10	100	500	1000	10000
Lost	2335	31074	37038	37194	37468
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	11,67389	13,51183	11,50345	11,63913	11,75074
Average packets in queue	76,78291	66,15907	56,67798	56,90852	56,77143
Simulation time	9707,132	3843,557	2607,212	2597,77	2573,753
Server load	0,986996	0,995293	1	0,999685	0,978702
Percent of success	95,33	37,85076	25,91659	25,60903	25,064

Tabela 6



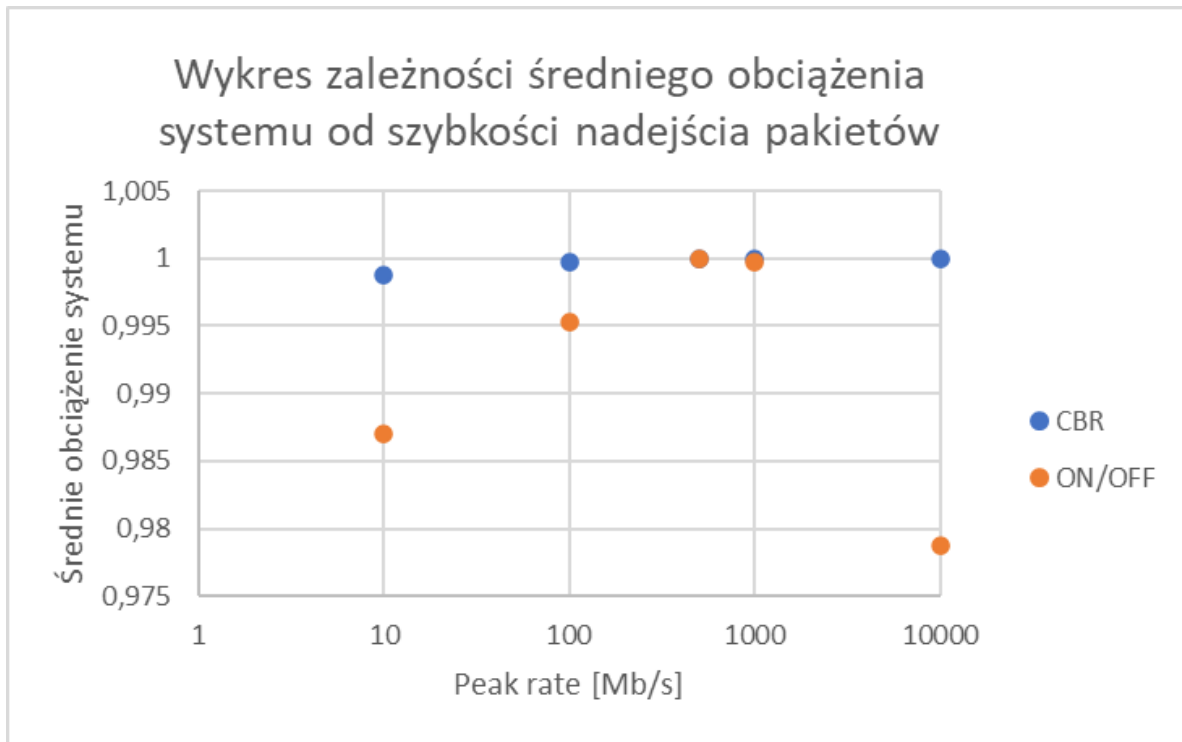
Wykres 10

Dokonując analizy wykresu przedstawiającego zależność liczby straconych pakietów od szybkości nadejścia pakietów (Wykres 10) można zauważyć, że wraz ze wzrostem prędkości z jaką napływają pakiety dochodzi do ich coraz większych strat. Wynika to z faktu, że im szybciej napływają pakiety do obsługi tym szybciej dochodzi do zapchania kolejki, czyli częściej dochodzi do start pakietów. Źródło ON/OFF charakteryzuje się mniejszymi stratami, dzięki, wcześniej już opisanej, charakterystyce jego działania.



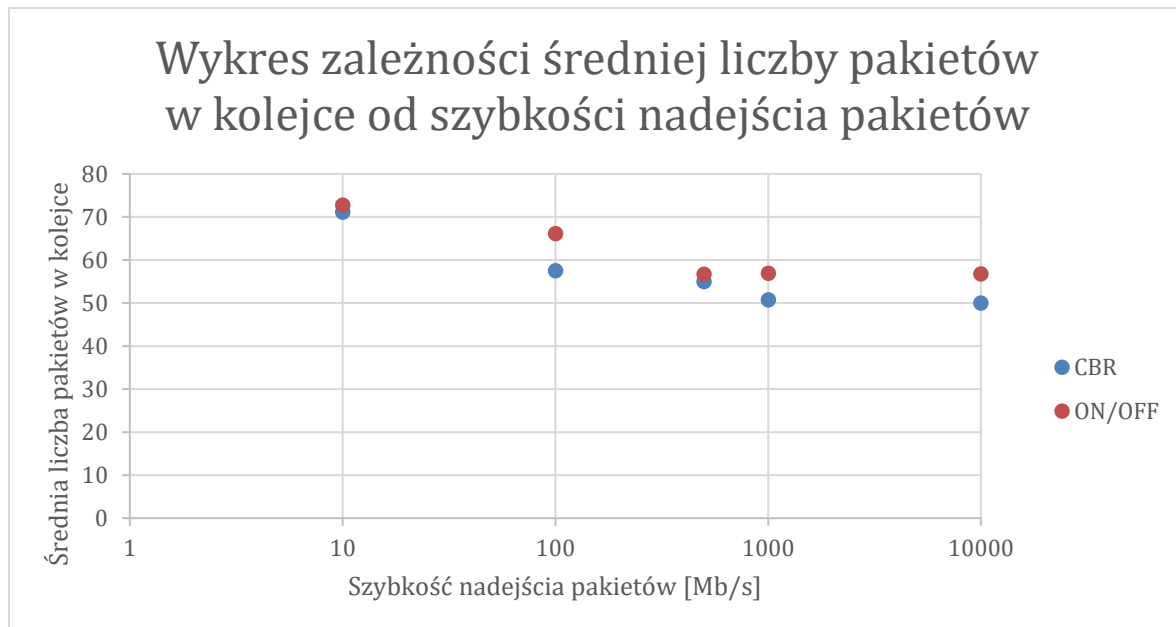
Wykres 11

Na podstawie analizy wykresu przedstawiającego zależność średniego czasu pakietu w kolejce od szybkości nadejścia pakietów (Wykres 11) można zauważyć, że wzrost prędkości, z jaką napływają pakiety nie wpływa na wartość średniego czasu, jaki pakiet spędza w kolejce. Wynika to z faktu, że w przeprowadzonych przez nas symulacji dochodzi do strat pakietów. Jest to spowodowane, że kolejka przez większość czasu symulacji jest zapełniona. Prędkość obsługi pakietu przez serwer jest stała, co powoduje, że pakiety są wyjmowane z kolejki w takich samych odstępach czasu.



Wykres 12

Analizując wykres przedstawiający zależność średniego obciążenia systemu od szybkości nadejścia pakietu (Wykres 12) można zauważyć, że wraz ze wzrostem prędkości z jaką napływają pakiety utrzymuje się duże obciążenie serwera. Oznacza to że, nowo przebyty do obsługi pakiet najczęściej natrafia na zajęty serwer. Skutkuje to przekierowaniem pakietu do kolejki zamiast do serwera. Zajętość serwera utrzymuje się na stałym poziomie, za to rosną starty pakietów, ponieważ przybywające do obsługi pakiety trafiają na zapełnioną kolejkę przez co dochodzi do ich utraty. Wahanie wartości zajętości serwera zależą od wylosowanych momentów czasowych, w których dane źródło zaczyna wysyłanie pakietów.



Wykres 13

Analizując wykres przedstawiający zależność średniej liczby pakietów w kolejce od szybkości nadejścia pakietu (Wykres 13) można zauważyć, że wraz ze wzrostem prędkości z jaką napływają pakiety średnia liczba pakietów w kolejce stabilizuje się. Jest to spowodowane coraz szybszym zapychaniem się kolejki.



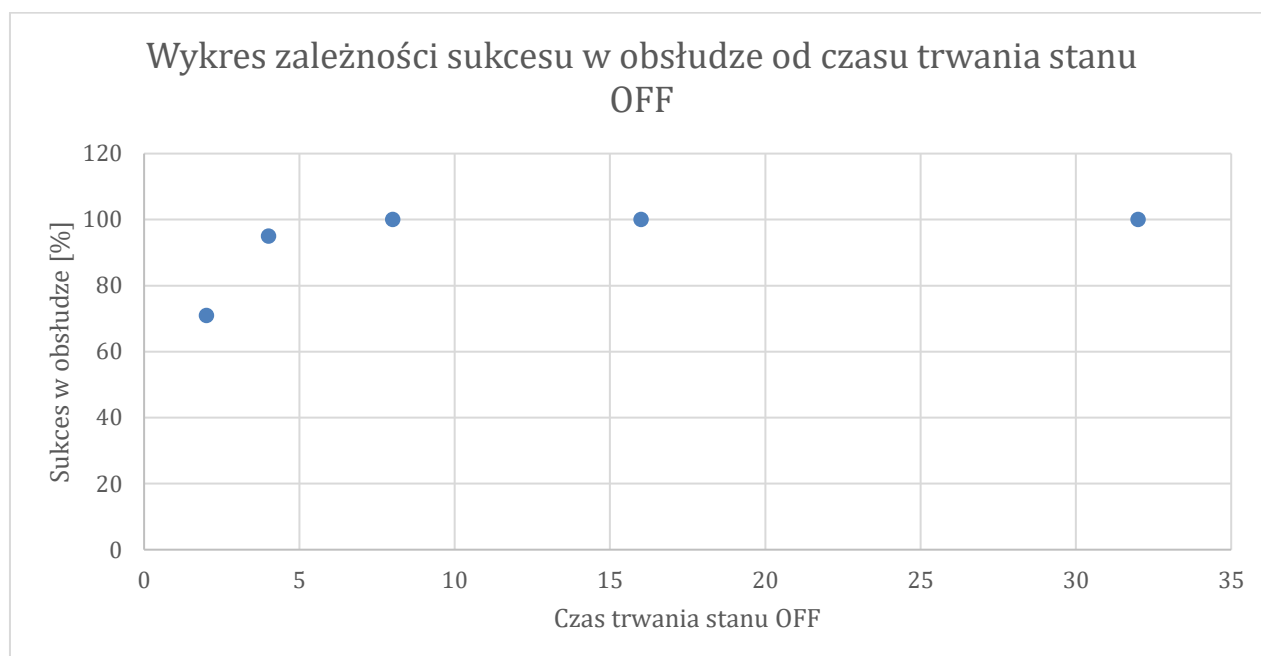
## Symulacja 4 - Badanie wpływu czasu trwania stanu OFF w zakresie (2 - 15)

### Źródło ON/OFF:

- Przepływność serwera: 50Mb/s
- Rozmiar kolejki: 100
- Liczba źródeł typu ON/OFF: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50
- Rozmiar pojedynczego pakietu: 10 Mb
- Czas trwania stanu On: 4s

Source	ON/OFF				
OFF time	2	4	8	16	32
Lost	14518	2526	0	0	0
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	14,376228	11,854713	0,5724539	0,23770182	0
Average packets in queue	70,46653	57,89491	1,7329249	0,24947432	0,049453955
Simulation time	7190,5337	9640,419	12990,264	23307,145	43904,645
Server load	0,9918559	0,98984087	0,7736754	0,43121043	0,22892977
Percent of success	70,964005	94,948	100	100	100

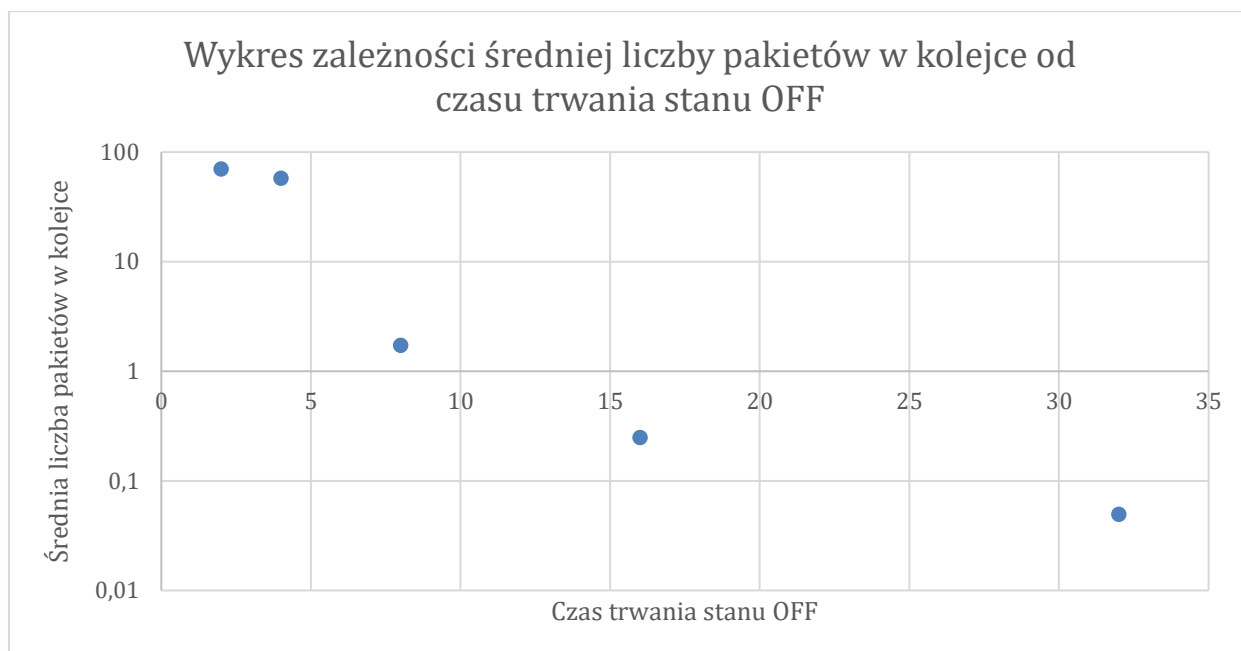
Tabela 7



Wykres 14

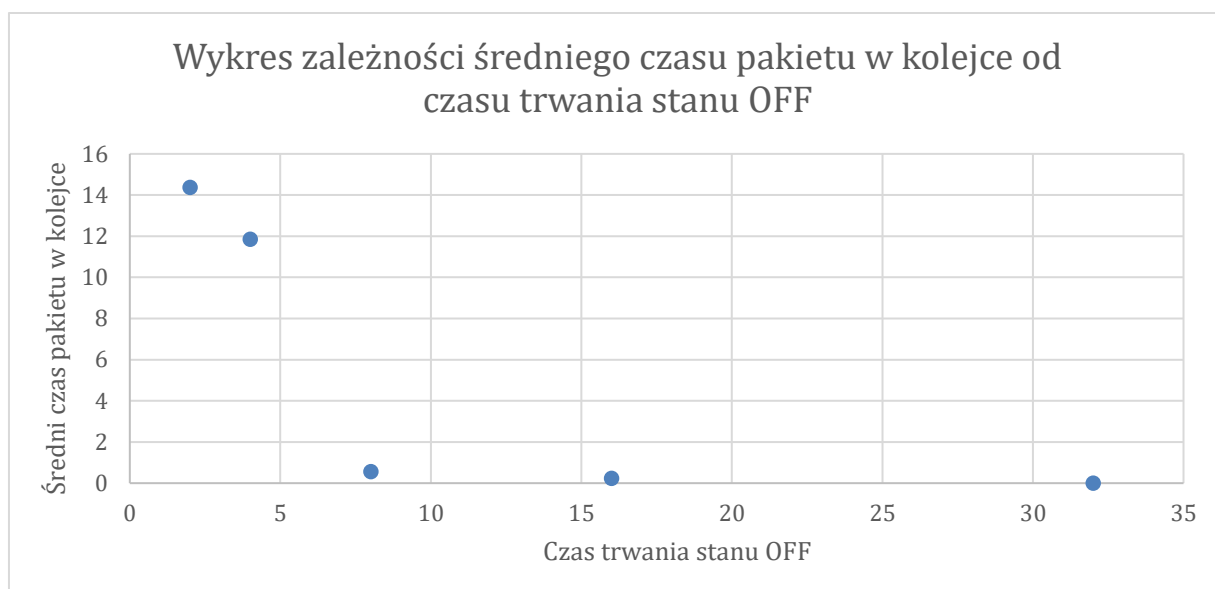
Na podstawie analizy wykresu przedstawiającego zależność sukcesu w obsłudze pakietów od czasu trwania stanu OFF (Wykres 14) można zauważyć, że wraz ze wzrostem trwania stanu OFF (stanu, w którym nie napływają nowe pakiety do obsługi) dochodzi do wzrostu poziomu

sukcesu w obsłudze pakietu. Poziom sukcesu zwiększa się, w momencie kiedy tracimy coraz mniej pakietów. Oznacza to, że wydłużenie czasu trwania stanu OFF powoduje zmniejszenie występowania zjawiska zapełnienia kolejki, które jest odpowiedzialne za straty pakietów.



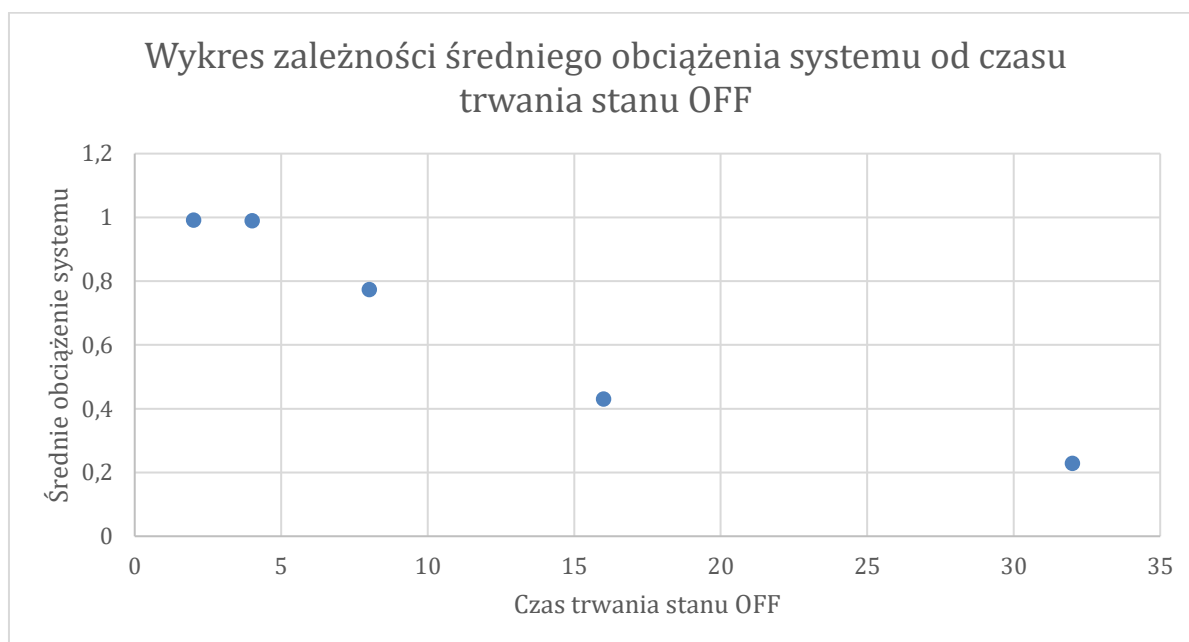
Wykres 15

Dokonując analizy wykresu przedstawiającego zależność średniej liczby pakietów w kolejce od czasu trwania stanu OFF (Wykres 15) oraz analizy danych z tabeli przedstawiającej dane dla badanej symulacji (Tabela 7) można zauważyć, że wzrost czasu trwania stanu OFF powoduje spadek średniej liczby pakietów w kolejce. Jest to spowodowane faktem, że wydłużanie czasu OFF daje serwerowi możliwość obsłużenia wszystkich pakietów z kolejki (ilość pakietów w kolejce nie zwiększa się przez brak napływu nowych pakietów w stanie OFF). Im dłuższy stan OFF tym serwer częściej jest w stanie obsłużyć wszystkie pakiety z kolejki, w wyniku czego liczba pakietów w kolejce wynosi zero.



Wykres 16

Analizując wykres zależności średniego czasu pakietu w kolejce od czasu trwania OFF (Wykres 16) można dojść do wniosku, że średni czas jaki pakiet spędza w kolejce zmniejsza się w przypadku wydłużenia czasu OFF. Wynika to z faktu, że im dłuższy stan OFF tym serwer częściej jest w stanie obsłużyć większość lub nawet wszystkie pakiety z kolejki (ponieważ nie napływają nowe). Oznacza to, przychodzący do kolejki pakiet zwykle czeka na obsługę krócej, ponieważ w kolejce znajduje się mniej pakietów.



Wykres 17

Dokonując analizy wykresu przedstawiającego zależność średniego obciążenia systemu od czasu trwania OFF (Wykres 17) można dojść do wniosku, że średnie obciążenie zmniejsza się wraz z dłuższym czasem trwania stanu OFF. Jak już wcześniej wspomniano wydłużenie stanu OFF pozwala na częstsze obsłużenie wszystkich pakietów z kolejki. Dzięki temu serwer może przejść ze stanu „busy” do stanu „active” i czekać na napływ pakietów. Im dłuższy czas OFF

tym serwer dłużej będzie w stanie aktywnym, a to powoduje zmniejszenie średniego obciążenia systemu.

## Symulacja 5 - Badanie wpływu rozmiaru pakietu w zakresie (2 - 35)

### Źródło CBR:

- Rozmiar kolejki: 100
- Przepływność serwera: 10Mb/s
- Liczba źródeł typu CBR: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50

Source	CBR				
Packet Size	2	5	15	30	35
Lost	27132	27609	27530	27520	27511
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	2,788595	7,109827	21,19346	42,31904	49,36101
Average packets in queue	70,29227	70,01322	70,0364	70,01177	70,03481
Simulation time	894,3286	2263,443	6769,303	13527,12	15778,51
Server load	1	0,999139	0,999136	0,998769	0,99913
Percent of success	45,72731	44,782	44,94	44,96	45

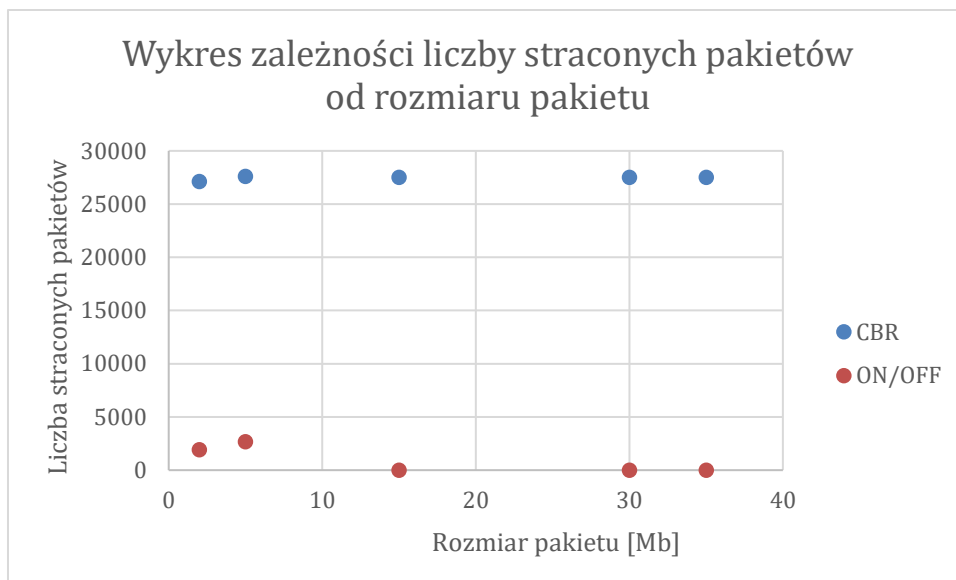
Tabela 8

### Źródło ON/OFF:

- Rozmiar kolejki: 100
- Przepływność serwera: 10Mb/s
- Liczba źródeł typu ON/OFF: 10
- PeakRate źródła: 20 Mb/s
- Liczba pakietów generowana przez jedno źródło: 50
- Czas trwania stanu Off: 2s
- Czas trwania stanu On: 4s

Source	ON/OFF				
Packet Size	2	5	15	30	35
Lost	1919	2680	0	0	0
Received	50000	50000	50000	50000	50000
Average time in queue	2,411371	5,977338	6,977411	13,38148	32,06089
Average packets in queue	54,40002	57,37634	22,81942	22,07459	22,01455
Simulation time	2073,851	4867,914	15174,15	30163,79	35141,8
Server load	0,951133	0,981836	0,991839	0,996243	0,9974
Percent of success	96,162	94,64	100	100	100

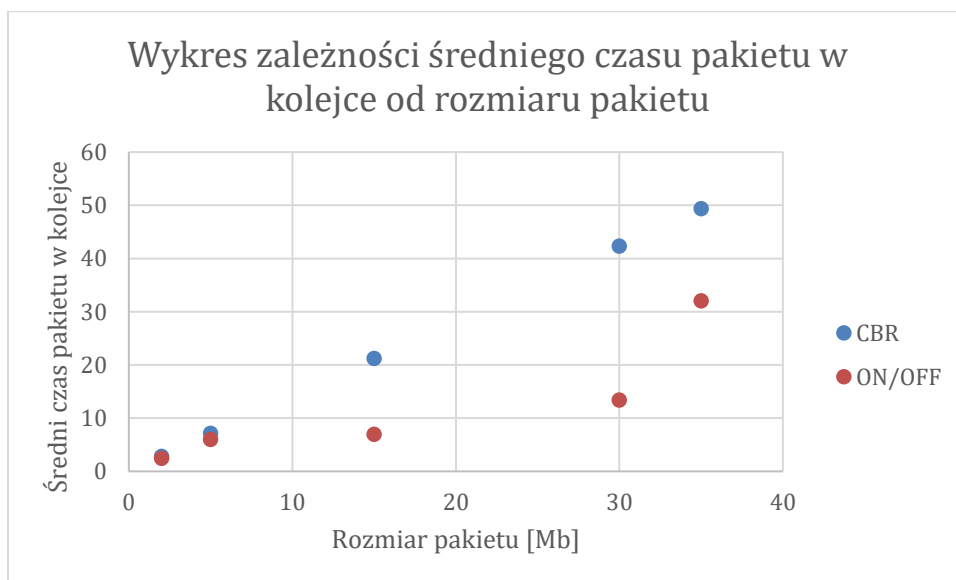
Tabela 9



Wykres 18

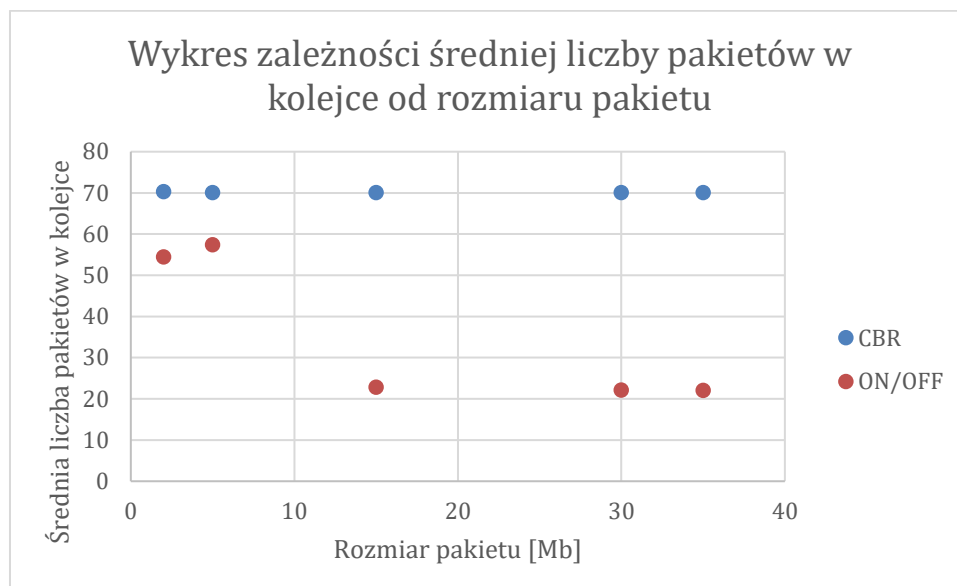
Dokonując analizy wykresu przedstawiającego zależność liczby straconych pakietów od rozmiaru pakietów (Wykres 18) można zauważyć, że dla źródła CBR straty utrzymują się na stałym poziomie. Jest to związane z faktem, iż gdy rośnie rozmiar pakietu jednocześnie zwiększa się czas jego obsługi, a pakiety przychodzą coraz wolniej. W przypadku źródła ON/OFF dla większych rozmiarów pakietów przestajemy tracić pakiety, gdyż przychodzi ich coraz mniej i są całkowicie obsługiwane w czasie OFF.

Analogiczne zależności możemy dostrzec badając wpływ rozmiaru pakietu na sukces w obsłudze.



Wykres 19

Analizując wykres przedstawiający zależność średniego czasu w kolejce od rozmiaru pakietu (Wykres 19) można zauważyć, że średni czas jaki pakiet w niej spędza rośnie wraz ze wzrostem jego rozmiaru. Dzieje się tak, ponieważ wydłuża się czas, w którym jest obsługiwany przez serwer.



Wykres 20

Dokonując analizy wykresu przedstawiającego zależność liczby pakietów w kolejce od rozmiaru pakietów (Wykres 20) można zauważyć, że dla źródła CBR średnia liczba pakietów w kolejce utrzymuje się na stałym poziomie. Jest to związane z faktem, iż gdy rośnie rozmiar pakietu jednocześnie zwiększa się czas jego obsługi, ale pakiety przychodzą coraz wolniej. W przypadku źródła ON/OFF średnia liczba pakietów w kolejce maleje, gdyż w stanie ON przychodzi ich mniej i są obsługiwane w czasie OFF.

### 3. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych symulacji można dojść do wniosku, że źródło ON/OFF uzyskuje lepsze wyniki dla modelu symulacyjnego, dzięki charakterystyce jego działania. Charakterystyki stworzone na podstawie 5 punktów pomiarowych były wystarczające, aby umożliwić określenie tendencji zachowania badanych parametrów modelu symulacyjnego. Na podstawie przeprowadzonych badań można dojść do wniosku, że w przypadku tworzenia realnego systemu serwera ze skończoną kolejką o rozmiarze  $K$ , należy wziąć pod uwagę wpływ wszystkich parametrów.