

---

# MOPS - PROJEKT

---

Temat: Węzeł modelowany jako kolejka FIFO o rozmiarze  $K$  wyrażonym w liczbie pakietów. Badane działanie systemu dla  $n=1,2,3,4$  źródeł typu ON/OFF, gdzie długość stanów ON i OFF opisane są rozkładem wykładniczym. Stały rozmiar pakietów.

## **Zespół:**

*Kamil Chrościcki 300502*

*Filip Smejda 300503*

## **Prowadzący:**

*dr. hab. inż. Halina Tarasiuk*

## Spis treści

<b>Zespół:</b> .....	1
<b>Prowadzący:</b> .....	1
<b>1. Zagadnienia projektowe</b> .....	2
<b>1.1. Cel projektu:</b> .....	2
<b>1.2. Założenia projektowe:</b> .....	2
<b>2. Fazy realizacji projektu</b> .....	3
<b>2.1. Etap 1 – Przygotowanie modelu symulacyjnego (raport częściowy):</b> .....	3

# 1. *Zagadnienia projektowe*

## 1.1. *Cel projektu:*

Zamodelować jeden węzeł. Jest on opisany jako system kolejkowy. Do węzła może być podłączonych (n) źródeł ruchu, które generują pakiety. Źródła ruchu opisane są typem ON/OFF, gdzie długość stanów ON i OFF opisane są rozkładem wykładniczym. Stały rozmiar pakietów.

## 1.2. *Założenia projektowe:*

- Metryki pomiarowe (opisano niżej): średnia liczba pakietów w kolejce, średni czas oczekiwania w kolejce, średnie obciążenie serwera, poziom strat pakietów.
- Kolejka jest ograniczona maksymalną pojemnością o wartości skończonej K.
- Implementacja symulatora w języku programowania: C#/C++.
- System obsługi pakietów w węźle – FIFO (First In First Out) – pierwszy przybył, pierwszy obsłużony. Zamodelowany jako system z pojedynczą kolejką i jednym serwerem obsługi.
- Symulator powinien pozwalać na przeprowadzenie symulacji dla węzła z założoną liczbą źródeł ruchu. W naszym modelu symulacyjnym występuje n (od 1 do 4) nadawców pakietów w postaci źródeł pakietów, które mogą przyjmować dwa stany ON i OFF.
- Czas trwania stanu źródła opisany jest w postaci rozkładu wykładniczego prawdopodobieństwa, czyli rozkładu zmiennej losowej opisującej sytuację, w której obiekt może przyjmować dwa wyżej wymienione stany.
- Pakiety w stanie ON napływają do węzła co 0,5s.
- Stały rozmiar pakietu definiuje stały czas obsługi w węźle wynoszący 0,3s.

## 2. *Fazy realizacji projektu*

### 2.1. *Etap 1 – Przygotowanie modelu symulacyjnego (raport częściowy):*

*Model symulacyjny składa się z następujących modułów:*

- **Stan systemu**

Czyli zmienne opisujące stany w poszczególnych chwilach czasowych:

1. Brak pakietów w systemie,
2. Jeden pakiet w systemie (jest obsługiwany),
3. Dwa pakiety w systemie (jeden jest obsługiwany, drugi oczekuje w kolejce),
4. K pakietów w systemie (jeden jest obsługiwany, K-1 czeka w kolejce),
5. K+1 pakietów w systemie (jeden jest obsługiwany, K czeka w kolejce, każdy kolejny jest odrzucany).

- **Zegar symulacji**

Zmienna opisująca bieżący czas symulacji. Ustawiana na wartość 0 podczas inicjalizacji. Zwiększany jest kolejnym wystąpieniem zdarzenia w systemie.

- **Lista zdarzeń**

Lista zawierająca czas wystąpienia kolejnego zdarzenia w systemie dla każdego z typów zdarzeń. W naszym systemie: A – przybycie pakietu, D – opuszczenie systemu przez pakiet.

- **Algorytm inicjalizujący**

Algorytm inicjalizujący system w momencie jego uruchomienia. Ustawia dane początkowe np. czas systemu = 0, status serwera = 0 (wolny), liczba pakietów w kolejce = 0, czas ostatniego zdarzenia = 0, n źródeł systemu w stanie ON, wyzeruje licznik statystyk.

- **Algorytm czasowy**

Określa kolejne zdarzenie z listy zdarzeń i zwiększa zegar symulacji na czas wystąpienia tego zdarzenia.

- **Algorytm zdarzeniowy**

Uaktualnia stan systemu w momencie wystąpienia kolejnego zdarzenia.

- **Algorytm bibliotek**

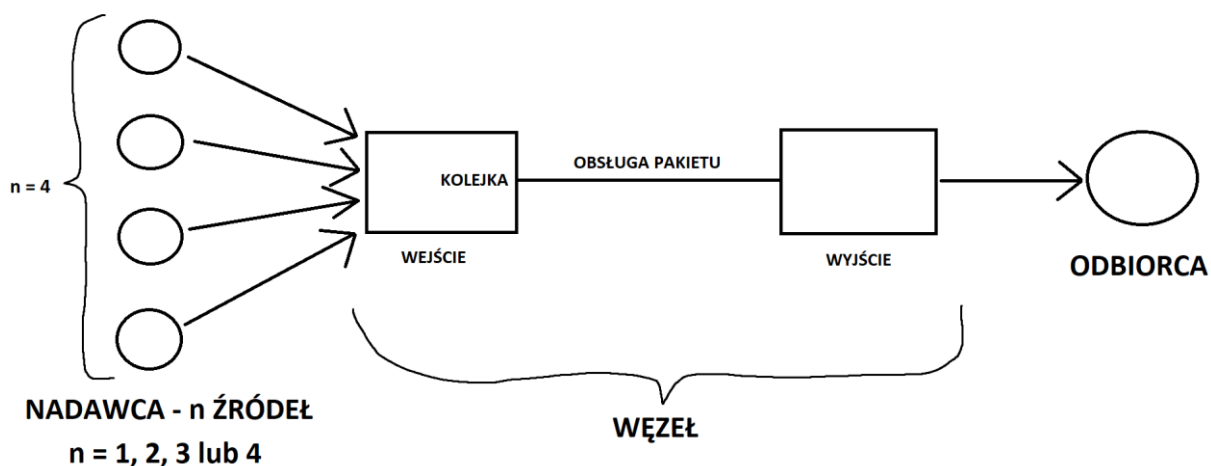
Generuje losowe obserwacje systemu w oparciu o pewien rozkład prawdopodobieństwa. W przypadku naszego systemu poddany obserwacjom będzie wpływ zmiany stanu źródła ON/OFF opisany rozkładem wykładniczym.

- **Generator raportów**

Oblicza charakterystyki na podstawie zmierzonych wartości i generuje raport po zakończeniu symulacji.

- **Program główny**

### *Reprezentacja graficzna modelu systemu*



### *Metryki pomiarowe*

- średnia liczba pakietów w kolejce:

$$\hat{q}(n) = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} iT_i}{T(n)} \quad \sum_{i=0}^{\infty} iT_i = \int_0^{T(n)} Q(t) dt \quad \hat{q}(n) = \frac{\int_0^{T(n)} Q(t) dt}{T(n)}$$

$q(n)$  – liczby klientów w kolejce oszacowana w czasie ciągłym; zmienna losowa ciągła

$Q(t)$  – liczba klientów w kolejce w czasie  $t$

$T(n)$  – czas wymagany do obserwacji  $n$  opóźnień

$T_i$  – czas podczas symulacji, kiedy kolejka ma długość  $i$

- średni czas oczekiwania w kolejce:

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

$d(n)$  - średniego czasu oczekiwania w kolejce przez  $n$  klientów (zmienna losowa dyskretna)

$D_i$  – czas oczekiwania  $i$ -tego klienta

$n$  – liczba czasów oczekiwania (opóźnień)

- średnie obciążenie serwera:

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

$u(n)$  - wykorzystanie serwera obsługi, zmienna losowa ciągła (stosunek czasu zajętości serwera do czasu symulacji)

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

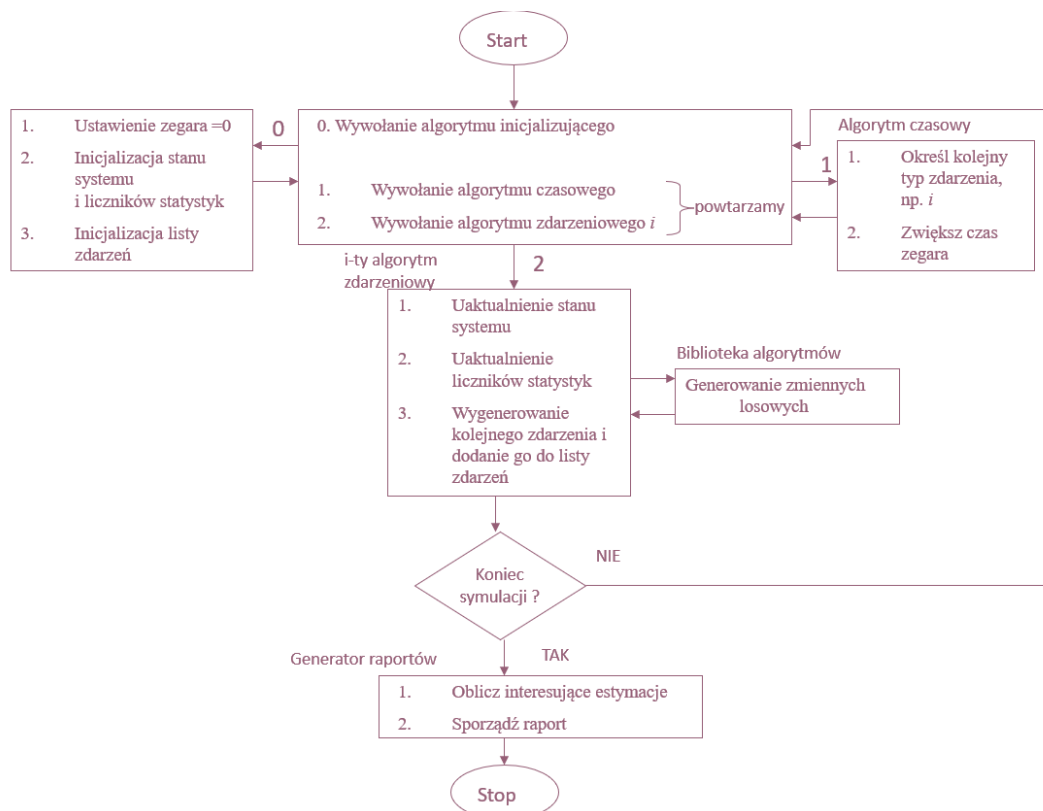
- poziom strat pakietów:

$$s = \frac{k}{n} * 100\%$$

$k$  – liczba straconych pakietów

$n$  – liczba wysłanych pakietów

## Sposób działania systemu



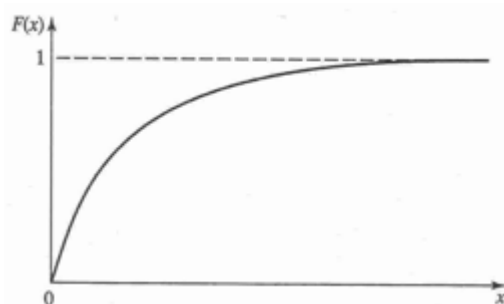
## Parametry wejściowe, czyli czas trwania stanu ON/OFF:

Symulacja, która ma jakiegokolwiek losowe elementy musi angażować pewne próbki lub generować liczby losowe z rozkładów prawdopodobieństwa.

Czas stanu ON/OFF opisany jest rozkładem wykładniczym. Długości obu stanów będą zmienną losową mającą rozkład wykładniczy z wartością średnią  $\beta = 5$  (5 sekund).

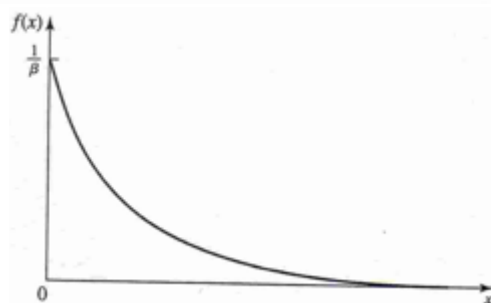
Dystrybuanta rozkładu dana jest funkcją:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\beta} e^{-t/\beta} dt = 1 - e^{-x/\beta}$$



Funkcja gęstości:

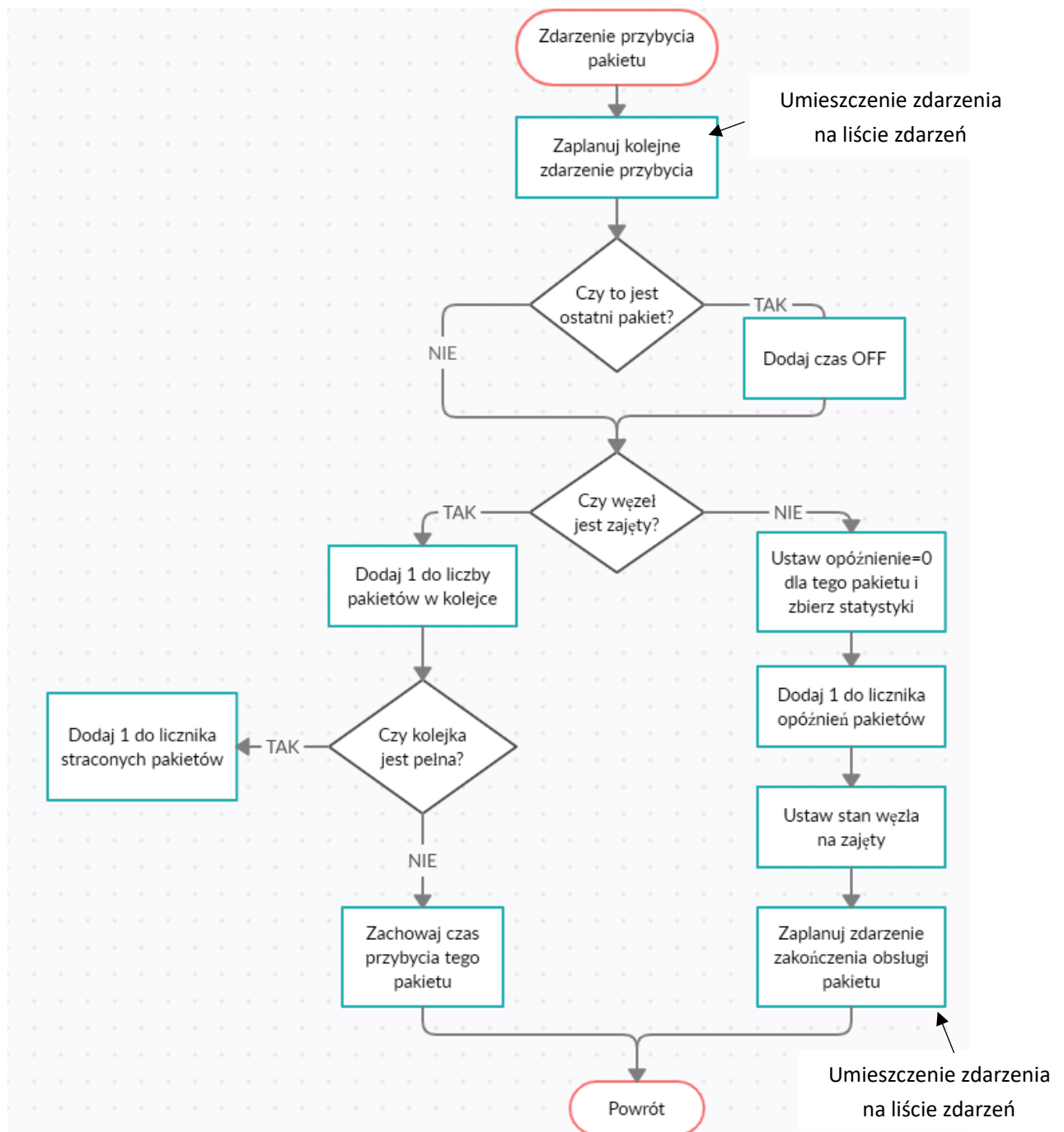
$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} \quad \text{dla } x \geq 0$$



W funkcji odwrotnej przyjmujemy  $u=F(x)$  i w ten sposób znajdujemy  $x$ , czyli długość stanu:

$$F^{-1}(u) = -\beta \ln(1-u)$$

### Przybycie pakietu do węzła



*Opuszczenie węzła przez pakiet*