

Лабораторная работа №3

Моделирование стохастических процессов

Ендонова Арюна Валерьевна

Содержание

Цель работы	4
Задание	5
Выполнение лабораторной работы	6
Выводы	11
Список литературы	12

Список иллюстраций

1	Результат выполнения программы	9
2	Листинг программы для отрисовки графика поведения длины очереди в пакетах	9
3	Запуск программы отрисовки графика	9
4	График поведения длины очереди	10

Цель работы

Провести моделирование системы массового обслуживания (СМО).

Задание

1. Реализовать модель $M|M|1$;
2. Посчитать загрузку системы и вероятность потери пакетов;
3. Построить график изменения размера очереди.

Выполнение лабораторной работы

$M|M|1$ – это однолинейная СМО с накопителем бесконечной ёмкости. Поступающий поток заявок — пуассоновский с интенсивностью λ . Времена обслуживания заявок — независимые в совокупности случайные величины, распределённые по экспоненциальному закону с параметром μ .

Реализуем эту систему. Зададим параметры системы $\lambda = 30$, $\mu = 33$, размер очереди 100000, длительность эксперимента 100000. Далее задаем узлы, между которыми будут идти пакеты, и соединяем их симплексным соединением с полосой пропускания 100 Кб/с и задержкой 0 мс, очередью с обслуживанием типа DropTail. Наложим ограничения на размер очереди. Источником трафика ставим UDP-агент, приемником Null-агент. Также осуществим мониторинг очереди. Процедура finish закрывает файлы трассировки. Процедура sendpack – случайно генерирует пакеты по экспоненциальному распределению. Также в данной сценарии рассчитывается по формулам загрузка система и вероятность потери пакетов.

```
# создание объекта Simulator
set ns [new Simulator]

# открытие на запись файла out.tr для регистрации событий
set tf [open out.tr w]
$ns trace-all $tf

# задаём значения параметров системы
set lambda 30.0
set mu 33.0

# размер очереди для M|M|1 (для M|M|1|R: set qsize R)
```

```

set qsize 100000

# устанавливаем длительность эксперимента
set duration 1000.0

# задаём узлы и соединяем их симплексным соединением
# с полосой пропускания 100 Кб/с и задержкой 0 мс,
# очередь с обслуживанием типа DropTail
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]

set link [$ns simplex-link $n1 $n2 100kb 0ms DropTail]
# наложение ограничения на размер очереди:
$ns queue-limit $n1 $n2 $qsize

# задаём распределения интервалов времени
# поступления пакетов и размера пакетов
set InterArrivalTime [new RandomVariable/Exponential]
$InterArrivalTime set avg_ [expr 1/$lambda]
set pktSize [new RandomVariable/Exponential]
$pktSize set avg_ [expr 100000.0/(8*$mu)]

# задаём агент UDP и присоединяем его к источнику,
# задаём размер пакета
set src [new Agent/UDP]
$src set packetSize_ 100000
$ns attach-agent $n1 $src

# задаём агент-приёмник и присоединяем его
set sink [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n2 $sink
$ns connect $src $sink

# мониторинг очереди
set qmon [$ns monitor-queue $n1 $n2 [open qm.out w] 0.1]

```

```

$link queue-sample-timeout
# процедура finish закрывает файлы трассировки
proc finish {} {
    global ns tf
    $ns flush-trace
    close $tf
    exit 0
}
# процедура случайного генерирования пакетов
proc sendpacket {} {
    global ns src InterArrivalTime pktSize
    set time [$ns now]
    $ns at [expr $time + [$InterArrivalTime value]] "sendpacket"
    set bytes [expr round ([$pktSize value])]
    $src send $bytes
}
# планировщик событий
$ns at 0.0001 "sendpacket"
$ns at $duration "finish"
# расчет загрузки системы и вероятности потери пакетов
set rho [expr $lambda/$mu]
set ploss [expr (1-$rho)*pow($rho,$qsize)/(1-pow($rho,($qsize+1)))]
puts "Теоретическая вероятность потери = $ploss"

set aveq [expr $rho*$rho/(1-$rho)]
puts "Теоретическая средняя длина очереди = $aveq"
# запуск модели
$ns run

```

Запустив эту программу, получим значения загрузки системы и вероятности потери

пакетов (рис. [-@fig:001]).

```
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/Desktop/mip/lab-ns$ ns lab3.tcl
Теоретическая вероятность потери = 0.0
Теоретическая средняя длина очереди = 9.0909090909090864
```

Рис. 1: Результат выполнения программы

В каталоге с проектом создадим отдельный файл, например, graph_plot touch graph_plot. Откроем его на редактирование и добавим следующий код, обращая внимание на синтаксис Gnuplot (рис. [-@fig:002]).

```
/home/openmodelica/Desktop/mip/lab-ns/graph_plot - Mousepad
Файл  Правка  Поиск  Вид  Документ  Справка
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта

set encoding utf8
set term pngcairo font "Helvetica,9"

# задаём выходной файл графика
set out 'qm.png'

# задаём название графика
set title "График поведения длины очереди"

# подписи осей графика
set xlabel "t" font "Helvetica, 10"
set ylabel "Пакеты" font "Helvetica, 10"

# построение графика, используя значения
# 1-го и 5-го столбцов файла qm.out
plot "qm.out" using ($1):($5) with lines lt rgb "pink" title "Размер очереди (в пакетах)", \
      "qm.out" using ($1):($5) smooth csplines lt rgb "blue" title "Приближение сплайном ", \
      "qm.out" using ($1):($5) smooth bezier lt rgb "purple" title "Приближение Безье "
```

Рис. 2: Листинг программы для отрисовки графика поведения длины очереди в пакетах

Сделаем файл исполняемым. После компиляции файла с проектом, запустим скрипт в созданном файле graph_plot (рис. [-@fig:003]), который создаст файл qm.png с результатами моделирования (рис. [-@fig:004]).

```
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/Desktop/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/Desktop/mip/lab-ns$ ./graph_plot
```

Рис. 3: Запуск программы отрисовки графика

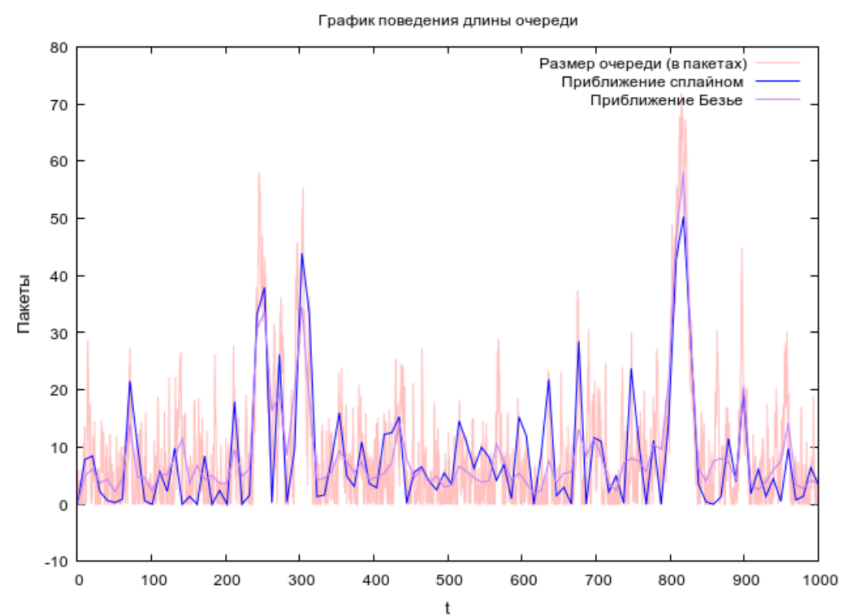


Рис. 4: График поведения длины очереди

На данном графике изображен размер очереди в пакетах, а также его приближение сплайном и Безье.

Выводы

В процессе выполнения данной лабораторной работы я провела моделирование системы массового обслуживания (СМО).

Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Руководство к лабораторной работе №3. Моделирование стохастических процессов. – 2025. – 47 с.
2. Овсянников А.В., Козел В.М. Формирование и моделирование стохастических процессов с заданными свойствами траекторий // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2016. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-i-modelirovanie-stohasticheskikh-protsessov-s-zadannymi-svoystvami-traektoriy>
3. Моделирование стохастических систем. – Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева, 2016. – URL: <https://studfile.net/preview/5553697/page:9/>
4. Стохастические методы. Имитационное моделирование. – URL: <https://polyakov.imamod.ru/arc/stu>
5. Кожевникова И.А., Журбенко И.Г. Стохастическое моделирование процессов.