

Лабораторная работа №11

Модель системы массового обслуживания М/М/1/∞

Кадров Виктор Максимович

19 апреля 2025

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Реализовать модель $M|M|1|\infty$ в *CPN tools*.

- Реализовать в CPN Tools модель системы массового обслуживания $M|M|1|\infty$.
- Настроить мониторинг параметров моделируемой системы и нарисовать графики изменения задержки в очереди.

Выполнение лабораторной работы

В систему поступает поток заявок двух типов, распределённый по пуассоновскому закону. Заявки поступают в очередь сервера на обработку. Дисциплина очереди - FIFO. Если сервер находится в режиме ожидания (нет заявок на сервере), то заявка поступает на обработку сервером.

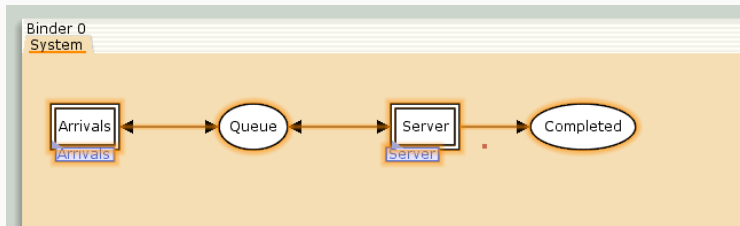


Рис. 1: Граф сети системы обработки заявок в очереди

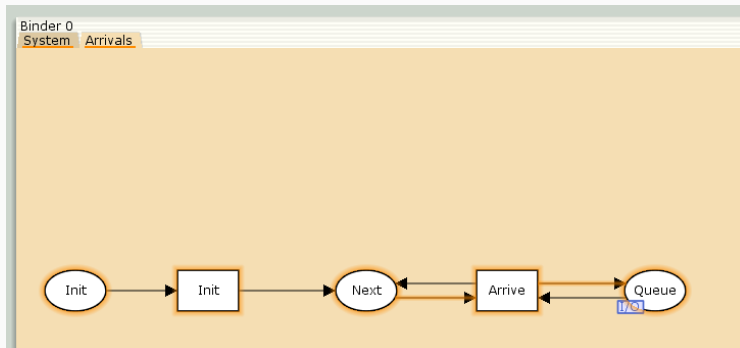


Рис. 2: Граф генератора заявок системы

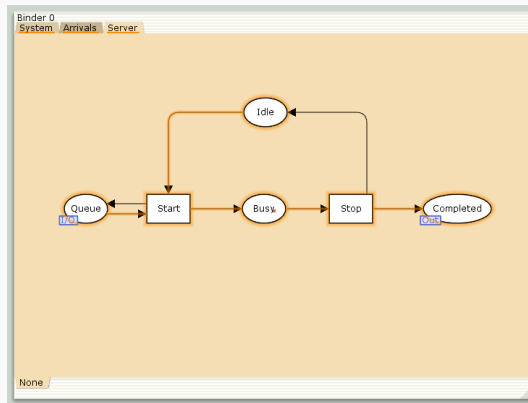


Рис. 3: Граф процесса обработки заявок на сервере системы


```
▼ lab11.cpn
  Step: 50
  Time: 2013
  ► Options
  ► History
  ▼ Declarations
    ▼ globref longdelaytime = 200;
    ▼ SYSTEM
      ▼ Standard declarations
        ▼ colset BOOL = bool;
        ▼ colset STRING = string;
        ▼ colset INT = int;
        ▼ colset UNIT = unit timed;
        ▼ colset Server = with server timed;
        ▼ colset JobType = with A | B;
        ► colset Job
        ▼ colset Jobs = list Job;
        ► colset ServerxJob
        ▼ var proctime : INT;
        ▼ var job : Job;
        ► var jobs
        ► fun expTime
        ▼ fun intTime() = IntInf.toInt (time());
        ▼ fun newJob() = {
          jobType = JobType.ran(),
          AT = intTime() };
      ► Monitors
      ▼ SMO
        Arrivals
        Server
```

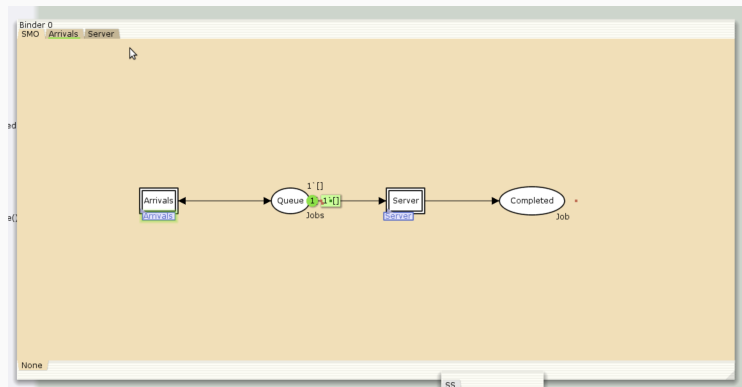


Рис. 5: Параметры элементов основного графа системы обработки заявок в очереди

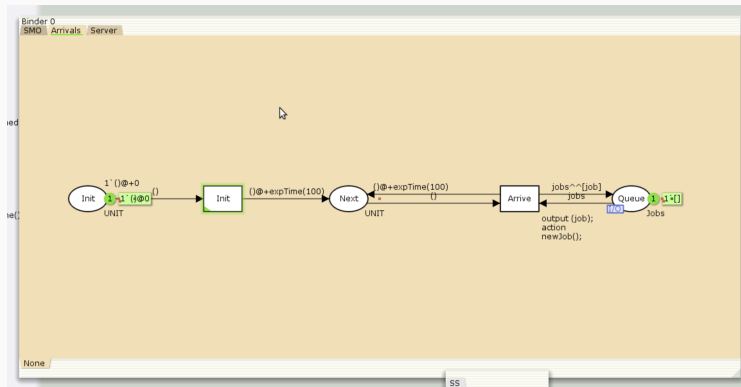


Рис. 6: Параметры элементов генератора заявок системы

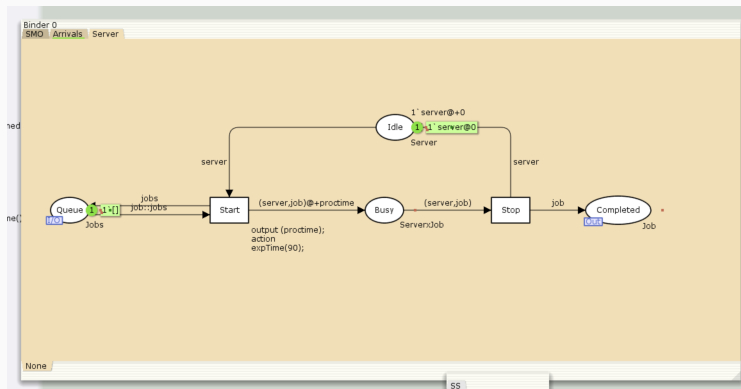
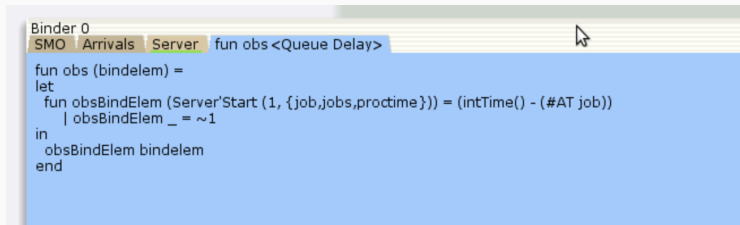


Рис. 7: Параметры элементов обработчика заявок системы

```
Binder 0
SMO Arrivals Server fun pred <Ostanovka>
fun pred (bindelem) =
  let
    fun predBindElem (Server'Start (1,
                                   {job,jobs,proctime})) = Queue_Delay.count() = 200
      | predBindElem _ = false
  in
    predBindElem bindelem
  end
```

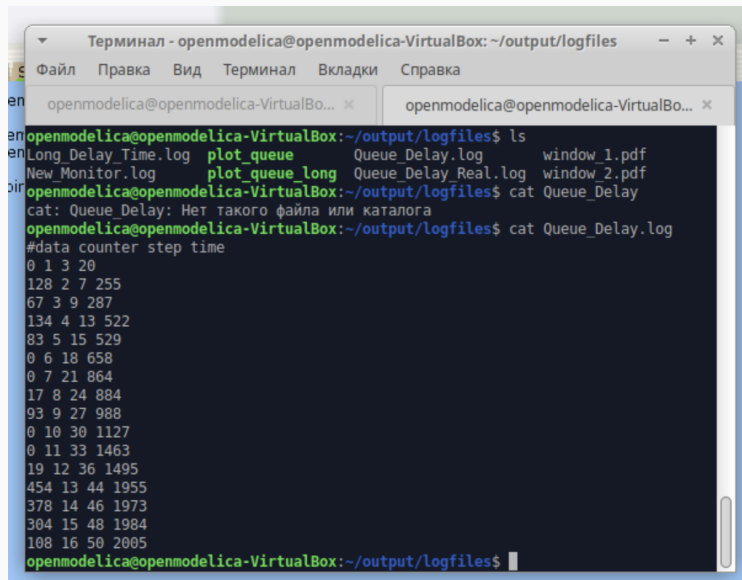
Рис. 8: Функция Predicate монитора Ostanovka



```
Binder 0
SMO Arrivals Server fun obs <Queue Delay>
fun obs (bindelem) =
let
  fun obsBindElem (Server'Start (1, {job,jobs,proctime})) = (intTime() - (#AT job))
  | obsBindElem _ = ~1
in
  obsBindElem bindelem
end
```

Рис. 9: Функция Observer монитора Queue Delay

Мониторинг параметров моделируемой системы



The screenshot shows a terminal window titled "Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/output/logfiles". The window has a menu bar with "Файл", "Правка", "Вид", "Терминал", "Вкладки", and "Справка". There are two tabs open, both labeled "openmodelica@openmodelica-VirtualBo...". The terminal content is as follows:

```
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$ ls
Long_Delay.log      plot_queue          Queue_Delay.log     window_1.pdf
New_Monitor.log     plot_queue_long     Queue_Delay_Real.log window_2.pdf
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$ cat Queue_Delay
cat: Queue_Delay: Нет такого файла или каталога
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$ cat Queue_Delay.log
#data counter step time
0 1 3 20
128 2 7 255
67 3 9 287
134 4 13 522
83 5 15 529
0 6 18 658
0 7 21 864
17 8 24 884
93 9 27 988
0 10 30 1127
0 11 33 1463
19 12 36 1495
454 13 44 1955
378 14 46 1973
304 15 48 1984
108 16 50 2005
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$
```

```
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта

set encoding utf8
set term pdfcairo font "Arial,9"

# задаём выходной файл графика
set out 'window_1.pdf'
plot "Queue_Delay.log" using ($4):($1) with lines
```

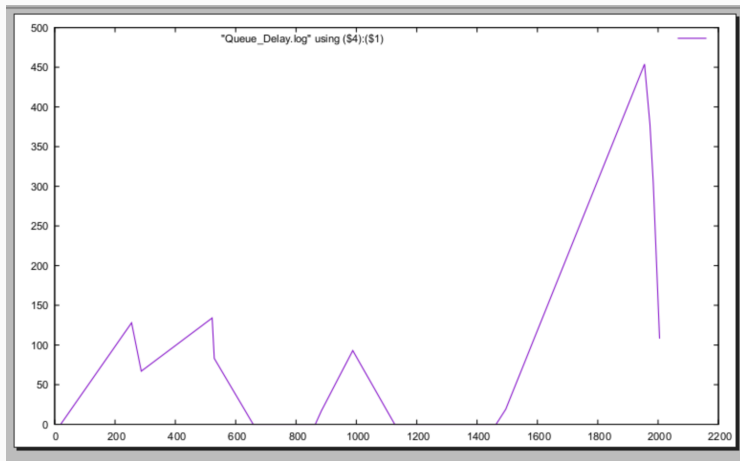
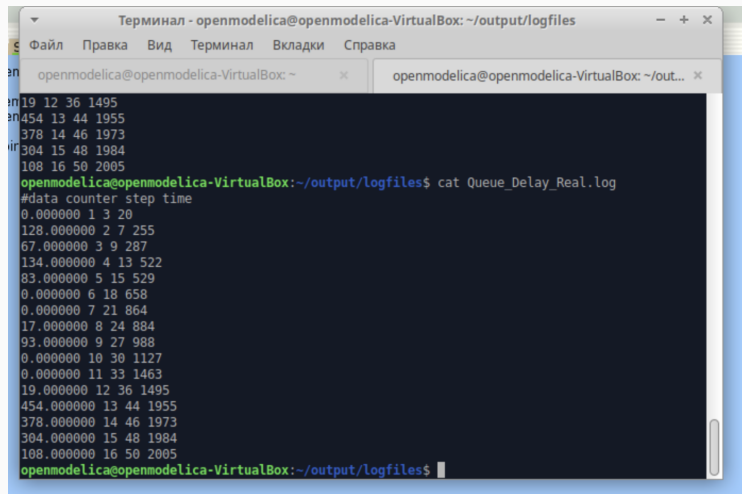



Рис. 11: График изменения задержки в очереди

```
Binder 0
SMO Arrivals Server fun obs <Queue Delay Real>
fun obs (bindelem) =
  let
    fun obsBindElem (Server'Start (1, {job,jobs,proctime})) = Real.fromInt(intTime() - (#AT job))
      | obsBindElem _ = ~1.0
  in
    obsBindElem bindelem
  end
```

Рис. 12: Функция Observer монитора Queue Delay Real

Мониторинг параметров моделируемой системы



The image shows a terminal window titled "Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/output/logfiles". The window has a menu bar with "Файл", "Правка", "Вид", "Терминал", "Вкладки", and "Справка". There are two tabs open, both showing the same prompt: "openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~". The terminal content shows a list of numbers followed by the command to view the log file.

```
19 12 36 1495
454 13 44 1955
378 14 46 1973
304 15 48 1984
108 16 50 2005
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$ cat Queue_Delay_Real.log
#data counter step time
0.000000 1 3 20
128.000000 2 7 255
67.000000 3 9 287
134.000000 4 13 522
83.000000 5 15 529
0.000000 6 18 658
0.000000 7 21 864
17.000000 8 24 884
93.000000 9 27 988
0.000000 10 30 1127
0.000000 11 33 1463
19.000000 12 36 1495
454.000000 13 44 1955
378.000000 14 46 1973
304.000000 15 48 1984
108.000000 16 50 2005
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$
```

Рис. 13: Содержимое Queue_Delay_Real.log

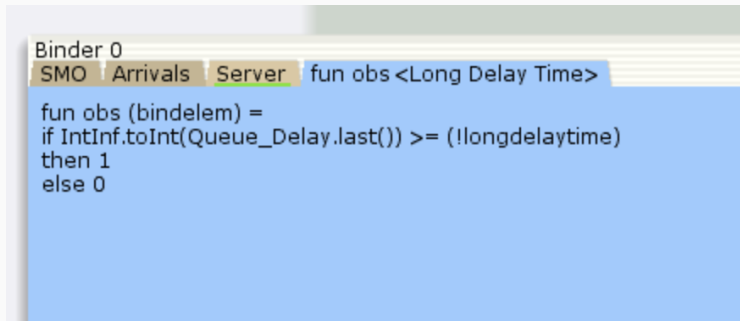


Рис. 14: Функция Observer монитора Long Delay Time

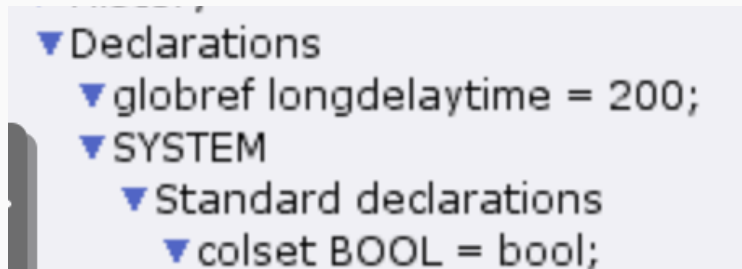
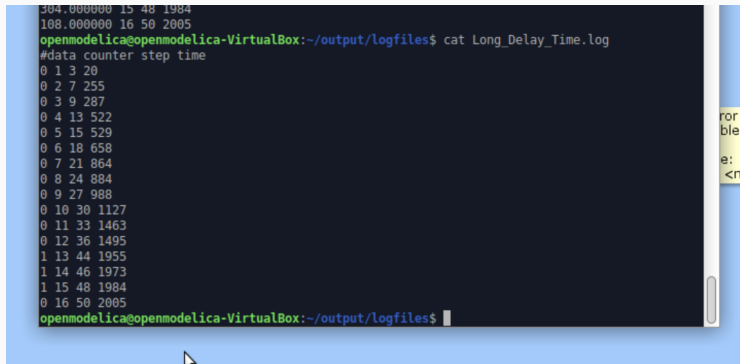


Рис. 15: Определение longdelaytime в декларациях



The image shows a terminal window with a dark background and light-colored text. The prompt is `openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$`. The command `cat Long_Delay_Time.log` has been executed, displaying the following data:

```
304.000000 15 48 1984
108.000000 16 50 2005
#data counter step time
0 1 3 20
0 2 7 255
0 3 9 287
0 4 13 522
0 5 15 529
0 6 18 658
0 7 21 864
0 8 24 884
0 9 27 988
0 10 30 1127
0 11 33 1463
0 12 36 1495
1 13 44 1955
1 14 46 1973
1 15 48 1984
0 16 50 2005
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/output/logfiles$
```

The data consists of four columns: a status indicator (0 or 1), a counter, a step number, and a time value. The time values are in milliseconds. The status indicator is 0 for steps 1 through 12 and 16, and 1 for steps 13 through 15.

Рис. 16: Содержимое Long_Delay_Time.log

```
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта

set encoding utf8
set term pdfcairo font "Arial,9"

# задаём выходной файл графика
set out 'window_2.pdf'
plot [0:][0:1.2] "Long_Delay_Time.log" using ($4):($1) with lines
```

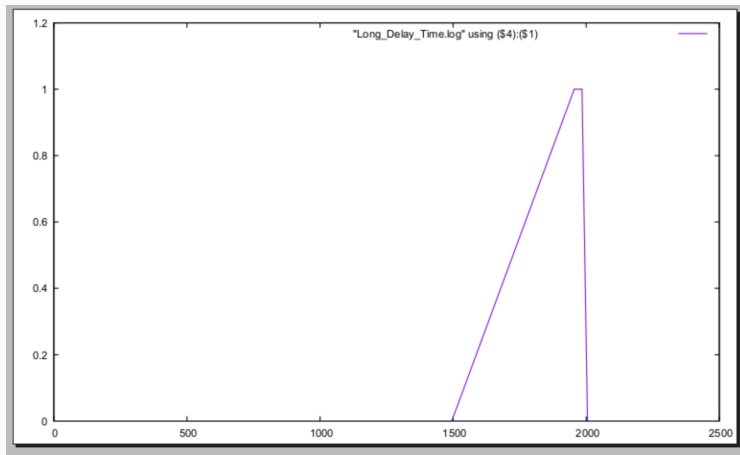


Рис. 17: Периоды времени, когда значения задержки в очереди превышали заданное значение

Мы реализовали модель $M|M|1|\infty$ в *CPN tools*.