Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет

Институт Информационных Технологий и Управления

Кафедра Компьютерных Систем и Программных Технологий

**Расчетное задание №4**

**Дисциплина:** Системный анализ

**Тема:** Стохастические сетевые модели СМО

**Выполнил**: гр.33501/1 Саитов Илья

**Преподаватель:** доцент А. Г. Сиднев

Санкт-Петербург 2014

1. **Исходные данные:**

Исследование маршрутизатора глобальной компьютерной сети, обеспечивающего обмен данными по протоколу. Входящие пакеты записываются в буферную память маршрутизатора, обрабатываются процессором и передаются по каналу в соответствующем направлении. Копия принятого пакета хранится в буферной памяти до тех пор, пока не будет получена квитанция о безошибочной доставке пакета адресату. Отсутствие квитанции-подтверждения в течение времени time-out (TO) вынуждает маршрутизатор к повторной передаче пакета по тому же каналу в направлении адресата. При отсутствии места в буферной памяти входящие в маршрутизатор пакеты получают отказ.

Требуется построить модель маршрутизатора в форме сети массового обслуживания. При этом, следует иметь ввиду, что поступивший в маршрутизатор пакет занимает буферную память в течение следующих интервалов времени:

1. ввод в маршрутизатор и запись в буфер со скоростью канала связи
2. ожидание в очереди на обработку в процессоре
3. обработка в процессоре
4. ожидание освобождения канала в направлении выхода их маршрутизатора
5. передача из маршрутизатора по выходному каналу
6. ожидание квитанции об удачной доставке с возможным повторением п. 5 (по истечении интервала time-out)

Каждая из отмеченных временных задержек пакета в маршрутизаторе обеспечивается ожиданием и обслуживанием в соответствующем узле сети массового обслуживания. Условия задачи приводят к разомкнутой сети с блокировками, которая может быть заменена стандартной замкнутой сетью массового обслуживания, характеризуемой тем же Марковским процессом перехода из состояния в состояния.

Определить следующие характеристики маршрутизатора:

1. вероятность отказа в приеме пакета в буферную память
2. среднее время пребывания пакета в буферной памяти
3. среднее число пакетов в маршрутизаторе
4. средняя интенсивность потока пакетов, занимающих буферную память маршрутизатора
5. зависимость указанных показателей от размера буферной памяти маршрутизатора

Предполагается равновероятная передача пакета по любому из L каналов, среднее время time-out равно , время успешной доставки квитанции . Все временные задержки в маршрутизаторе, в том числе интервал time-out, и время доставки квитанции считаются случайными величинами, распределенными по показательному закону. Входной поток пакетов – простейший.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № задания | Интенсивность поступления пакетов | Размер буфера | Число каналов | Интенсивность передачи пакетов по каналу | Интенсивность обработки пакета в процессоре | Вероятность неуспешной передачи пакета по каналу, |
| 3 | 5 | 30 | 10 | 0,5 | 8 | 0,15 |

1. **Решение задачи:**

Модель маршрутизатора (рис.2.1) представляется в виде замкнутой сети. При этом нулевой узел (источник) – одноканальный узел типа M/M/1.

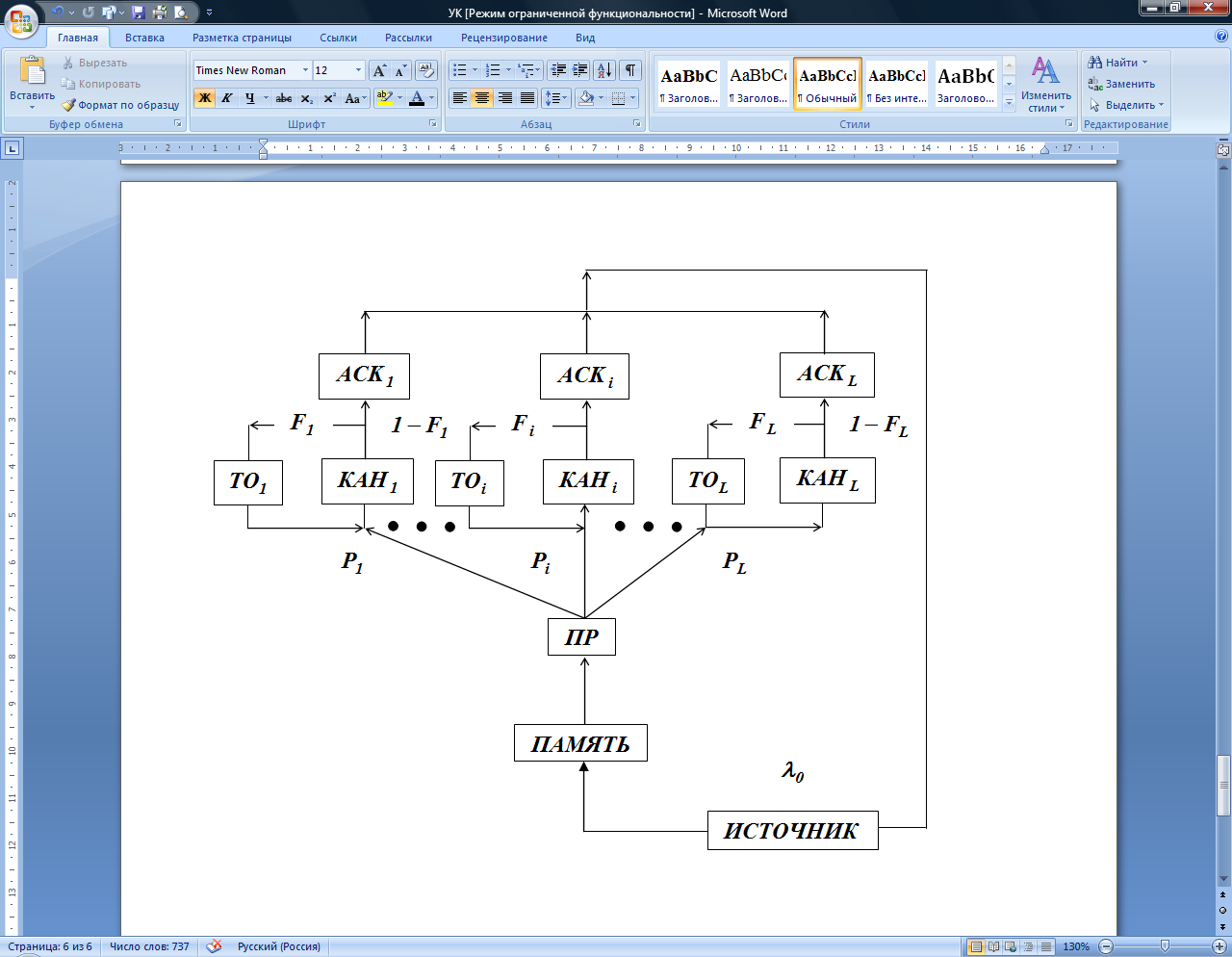


Рис.2.1. Модель маршрутизатора.

Узлы сети:

* Нулевой узел – источник сообщений (ИСТОЧНИК).
* Накопитель емкостью мест ( буферов) с отказами, блокировкой и пуассоновским потоком на входе с интенсивностью . Многоканальный узел (ПАМЯТЬ).
* Одноканальный узел «Процессор» (ПР).
* Группа узлов, моделирующих процесс передачи сообщения по *i*-ому каналу, :
* КАНi - одноканальный узел, моделирующий интервал времени ожидания и собственно передачи сообщения по каналу связи.
* ACKi - многоканальный узел, моделирующий интервал времени ожидания подтверждения передачи сообщения адресату при удачном завершении этой процедуры (число каналов должно обеспечить отсутствие отказов, т.к. моделируется только время ожидания – принимается равным ).
* TOi - многоканальный узел, моделирующий интервал времени time\_out при неудачной передаче сообщения (в течение time\_out подтверждение не пришло). Вероятность неудачной передачи сообщения принимается равной , вероятность удачной передачи – .

Количество узлов в данной сети равно

Для построенной СМО введем вектор состояния:

,

где - число пакетов в источнике, - число пакетов в процессоре, - число пакетов в буфере, - число пакетов в каналах связи, – число пакетов в узлах ACK, - число пакетов в узлах TO.

Найдем выражения для относительных интенсивностей потока заявок в сети, решая систему уравнений, принимая :

– интенсивность потока заявок в *i*-ом канале связи.

– интенсивность потока заявок в узлах АСКi.

– интенсивность потока заявок в узлах TOi.

Таким образом, приведенные выше интенсивности для всех каналов будут фиксированы, так как ведется равновероятностная передача по всем каналам (, вероятность Fi задана начальными условиями задачи (:

;

;

;

Очевидным решением для вероятностей состояний сети будет следующее выражение:

где  – нормирующая константа замкнутой сети.

**Алгоритм** нахождения нормирующей константы для многоканальной замкнутой сети:

Начальные значения:

**Шаг 1:**

*,*

*,*;

где - число каналов в *r*-ом узле сети.

Если , то к шагу 2, иначе и к шагу 1.

**Шаг 2:**

Если , то конец, иначе , и к шагу 1.

Листинг программы расчета нормирующей константы приведен в приложении 1.

Зная промежуточные результаты расчета нормирующей константы, найдем искомые характеристики нашей сети:

1) Определим вероятность отказа в приеме пакета в буферную память. Эта вероятность равна вероятности того, что в первом узле (источник) нет ни одной заявки ():

;

Т.о., вероятность отказа будет равна: **.**

2) Определим среднее время пребывания пакета в буферной памяти:

где – среднее число заявок в нулевом узле (источник), - средняя интенсивность потока пакетов, занимающих буферную память (ищется в 4 пункте).

3) Определим среднее число пакетов в маршрутизаторе:

;

4) Определим среднюю интенсивность потока пакетов, занимающих буферную память маршрутизатора:

где - коэффициент загрузки первого узла (источник)

5) Построим зависимости найденных выше параметров от размера буферной памяти. Возьмем 10 величин размера памяти от 10 до 100, занесем в таблицу, построим зависимость:

Табл. 3.1. Зависимость найденных характеристик от размера буфера.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nбуфера** | **Pотказа** | **Tсред. преб.** | **nсред. марш.** | **λсред.потока буф.** |
| 1 | 0,974 | 7,522 | 0,974 | 0,129 |
| 10 | 0,765 | 8,248 | 9,703 | 1,176 |
| 20 | 0,588 | 9,380 | 19,327 | 2,060 |
| 30 | 0,468 | 10,859 | 28,909 | 2,662 |
| 40 | 0,390 | 12,613 | 38,496 | 3,052 |
| 50 | 0,339 | 14,552 | 48,117 | 3,307 |
| 60 | 0,304 | 16,609 | 57,784 | 3,479 |
| 70 | 0,280 | 18,742 | 67,495 | 3,601 |
| 80 | 0,262 | 20,925 | 77,245 | 3,692 |
| 90 | 0,248 | 23,143 | 87,028 | 3,760 |
| 100 | 0,237 | 25,387 | 96,839 | 3,815 |

Полученные графики зависимостей приведены ниже на рисунках 2.2, 2.3, 2.4, 2.5:

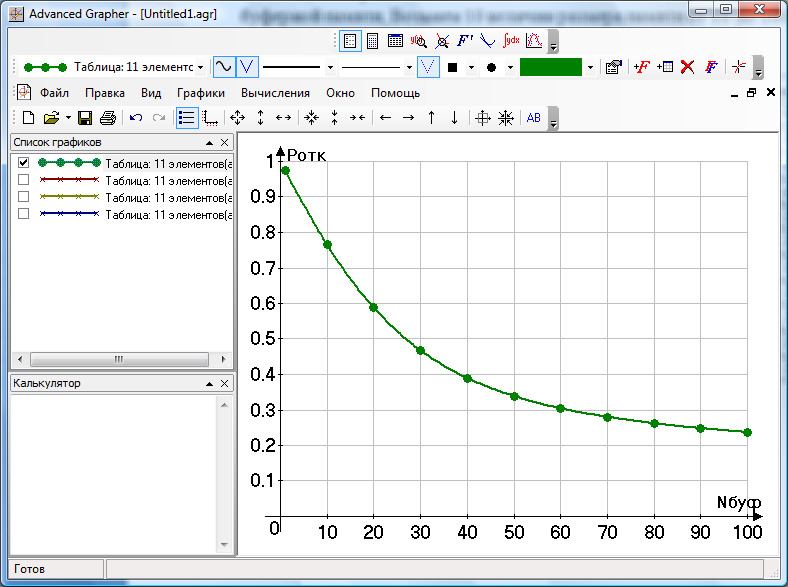


Рис.2.2. Зависимость Pотк(Nбуф).

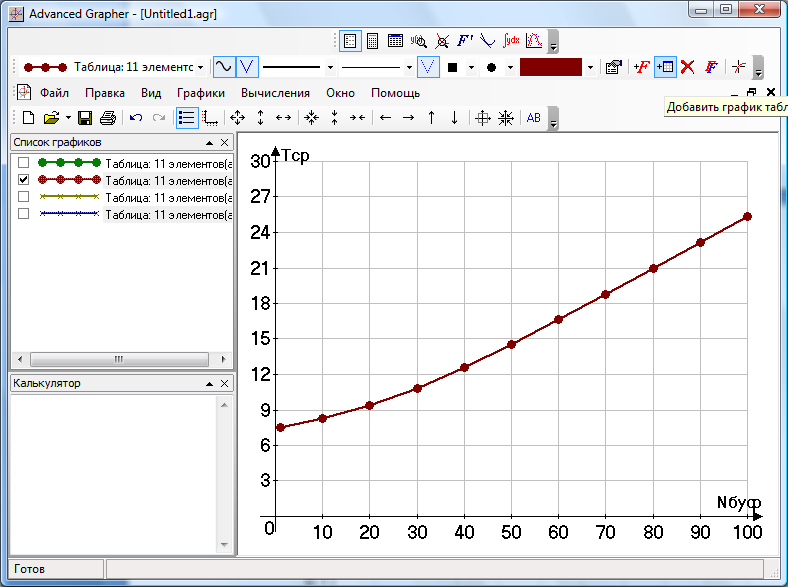


Рис.2.3. Зависимость Тср(Nбуф).

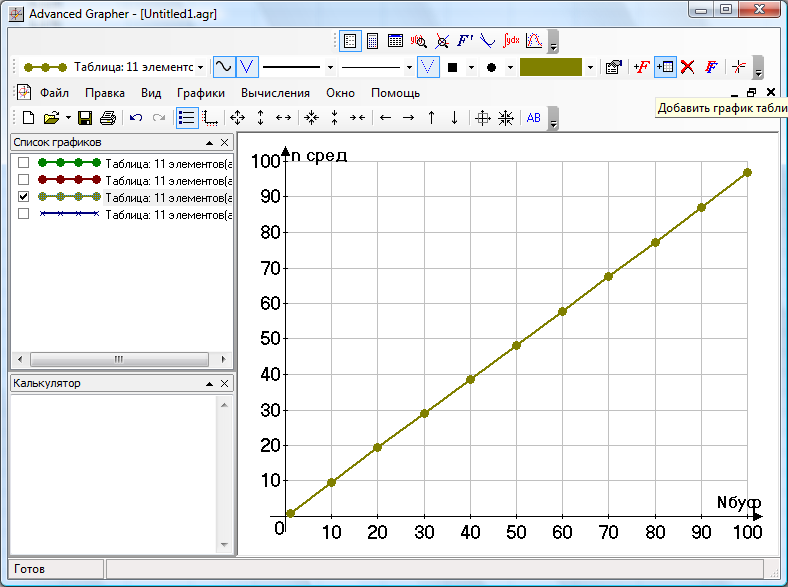


Рис.2.4. Зависимость (Nбуф).

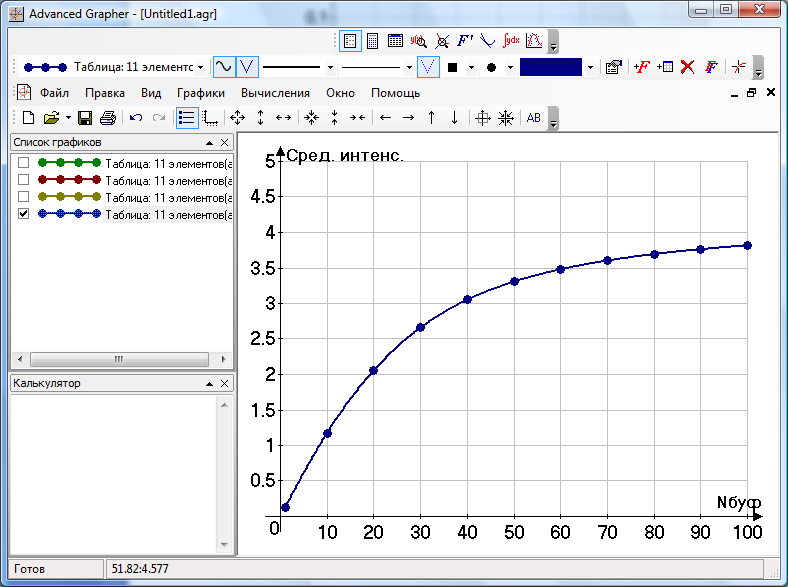


Рис.2.5. Зависимость (Nбуф).

1. **Вывод:**

В ходе выполнения расчетного задания №4, были изучены основные понятия и определения теории стохастических сетевых моделей СМО. Для рассмотренной выше сети СМО была найдена нормирующая константа G для замкнутой многоканальной сети. По ее промежуточным вычислением были найдены вероятность отказа в приеме пакета в буферную память и среднее число заявок в нулевом узле. Далее по ним были найдены остальные требуемые параметры. Стоит заметить, что наиболее экономичным методом расчета показателей замкнутой сети оказался через маргинальное распределение числа заявок в узле однородной замкнутой сети СМО. Построив зависимость найденных показателей от размера буферной памяти, выяснилось, что с ростом размера буферной памяти: вероятность отказа в приеме в буферную память **уменьшается**, среднее время пребывания пакета в буферной памяти **увеличивается**, среднее число пакетов в маршрутизаторе линейно **увеличивается**, средняя интенсивность потока пакетов, занимающих буферную память маршрутизатора, **увеличивается**.

Данная работа прошла успешно, полученные навыки могут быть использованы при расчете более сложных стохастических сетей СМО.

**Приложение №1:**

Листинг программы нахождения нормирующей константы для многоканальной замкнутой сети, нахождение указанных в задании характеристик сети:

% Программа для расчета нормирующей константы замкнутой СМО

clc;

clear all;

lo = 5; % интенсивность поступления пакетов

L = 10; % число каналов

N = 30; % число заявок

M = 33; % число узлов

P = 1 / L; % вероятность передачи пакета по i-му каналу

F = 0.15; % вероятность неуспешной передачи пакета

u\_kan=0.5; % интенсивность передачи пакетов по i-му каналу

u\_pr=8; % интенсивность обработки пакета в процессоре

% Интенсивности обслуживания заявок в узлах СМО:

u = ones(1, M);

for i = 1 : M

if i == 1 % ИСТОЧНИК

u(i) = N-(N-lo);

elseif i == 2 % ПАМЯТЬ

u(i) = lo;

elseif i == 3 % ПР

u(i) = u\_pr;

elseif (i >= 4) && (i <= 4 + L - 1) % КАН

u(i) = u\_kan;

elseif (i >= 4 + L) && (i <= 4 + 2 \* L - 1) % ТО

u(i) = 2\*u\_kan^(-1);

elseif (i >= 4 + 2 \* L - 1) && (i <= 4 + 3 \* L - 1) % АСК

u(i) =0.1\*u\_kan^(-1);

end

end

% Относительные интенсивности потока заявок в СМО:

w = ones(1, M);

for i = 1 : M

if i == 1 % ИСТОЧНИК

w(i) = 1;

elseif i == 2 % ПАМЯТЬ

w(i) = 1;

elseif i == 3 % ПР

w(i) = 1;

elseif (i >= 4) && (i <= 4 + L - 1) % КАН

w(i) = P/(1-F);

elseif (i >= 4 + L) && (i <= 4 + 2 \* L - 1) % ТО

w(i) = (F\*P)/(1-F);

elseif (i >= 4 + 2 \* L - 1) && (i <= 4 + 3 \* L - 1) % АСК

w(i) = P;

end

end

% Начальные условия: (r = 2; k = 1):

G = ones(M, N + 1);

Z = ones(M, N + 1);

for r = 2 : M

G(r, 1) = 1;

Z(r, 1) = 1;

end

% Непосредственно алгоритм нахождения G:

for r = 1 : M

for k = 1 : N

sum = 0; % временная переменная для накопления суммы

for l = 0 : k

mul = 1; % временная переменная для накопления произведения

for j = 1 : l

if (r >= 4 + L) || (r == 2) % j < m(r) [для многоканальных уз-лов]

mul = mul \* j \* u(r);

else % j >= m(r) [для одноканальных узлов]

mul = mul \* u(r);

end

end

if r == 1

Z(r, l + 1) = (w(r)^(l)) / mul;

G(r, k + 1) = (w(r)^(l)) / mul;

else

Z(r, l + 1) = (w(r)^(l)) / mul;

sum = sum + Z(r, l + 1) \* G(r - 1, k - l + 1);

end

end

%Записываем промежуточный результат в массив G:

G(r,k+1)=sum;

end

end

% Вывод результатов:

disp('G(33, 30) = '); disp(G(33, 30));

disp('G(33, 31) = '); disp(G(33, 31));

%1

%Значит, вероятность отказа приема в буферную память:

P\_otkaza=(G(33, 31) - 1/lo\*G(33, 30))/G(33, 31);

disp('P(0, 30) = '); disp(P\_otkaza);

%4

% Определим среднюю интенсивность потока пакетов, занимающих буф. память

Lamb\_sred = 5 \* (1 - P\_otkaza);

disp('Lamb\_sred = '); disp(Lamb\_sred);

%2

% Определение среднего времени пребывания пакета в буферной памяти

% Сначала определим n\_sred\_1 (среднее число заявок в первом узле-источник) :

n\_sred\_1 = 0;

for n = 1 : N

n\_sred\_1 = n\_sred\_1 + (1/5)^n \* G(33, N - n + 1);

end

n\_sred\_1 = n\_sred\_1 / G(33, 31);

disp('n\_sred\_1 = '); disp(n\_sred\_1);

% Теперь вычислим искомое время Т:

T\_sred = (N - n\_sred\_1) / Lamb\_sred;

disp('T\_sred = '); disp(T\_sred);

%3

% Определение среднего числа пакетов в маршрутизаторе:

n\_sred\_marsh = N - n\_sred\_1;

disp('n\_sred\_marsh = '); disp(n\_sred\_marsh);