

ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Факультет информационных технологий и систем управления  
Кафедра информационных систем

Выпускная квалификационная работа по направлению  
230400.62 «Информационные системы и технологии»

Разработка программной среды аналитического  
моделирования практико-ориентированных  
информационных систем

Студент группы ИДБ-11-01: Лакеев Р.Д.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Климанов В.П.

Москва, 2015 г.

# Введение

## Цель

Анализ критериев времени и надёжности доставки информации в информационно-вычислительных сетях.

## Задачи

1. Изучение методики разработки моделей сетей.
2. Разработка аналитических математических моделей ИВС.
3. Разработка программы для вычисления стационарных и интегральных вероятностных характеристик заданной ИВС.
4. Проведение модельного эксперимента.

# Введение

1. Составление уравнений баланса интенсивностей потоков.
2. Вычисление коэффициентов передачи из уравнений баланса.
3. Вычисление стационарных вероятностно-временных характеристик (ВВХ) для каждого отдельного элемента СеМО.
4. Вычисление интегральных ВВХ при взаимодействии двух любых абонентов сети.
5. Вычисление плотностей распределения сообщений в самом коротком и длинном маршруте.
6. Вычисления коэффициента структурной надёжности сети.

## Программная платформа

Реализация выполнена на языке C# и программной платформе Mono. Mono — кроссплатформенная реализация Microsoft .Net Framework с открытым исходным кодом. Среда разработки — MonoDevelop.

## Исходные данные

Исходными параметрами модели являются интенсивности обслуживающих узлов сети  $\mu_i^m$ , интенсивности поступления сообщений из внешнего источника  $\lambda_i^m$  и маршрутная матрица  $P^m$  для каждого входного потока  $m = \overline{1, F}$ .

Интенсивности узлов сети  $\mu_i^m$  рассчитываются в соответствии с выбранной технологией Ethernet и длиной сообщения.

Технология Ethernet	Битовая скорость	Длина кадра (байт)	Интенсивность $\mu$ (кадр/мс)
Fast Ethernet	100 Мбит/с	72	148.800
		1526	8.127
Gigabit Ethernet	1 Гбит/с	72	1488.095
		1526	81.274
10G Ethernet	10 Гбит/с	72	14880.952
		1526	812.744
40G Ethernet	40 Гбит/с	72	59523.800
		1526	3250.975
100G Ethernet	100 Гбит/с	72	148809.524
		1526	8127.438

# Пример работы программы

## Входные данные

```
1 <NetworkConfiguration Name="Full-mesh topology">
2   <RoutingMatrix>
3     <Row>0; -; -; -; -</Row>
4     <Row>0.25; 0; 0.25; 0.25; 0.25</Row>
5     <Row>0.25; 0.25; 0; 0.25; 0.25</Row>
6     <Row>0.25; 0.25; 0.25; 0; 0.25</Row>
7     <Row>0.25; 0.25; 0.25; 0.25; 0</Row>
8   </RoutingMatrix>
9   <Nodes Count="4">
10     <Stream Index="1">
11       <Lambda>860; 930; 670; 710</Lambda>
12       <Mu>
13         <Ethernet Type="_10G"
14           FrameLength="128"/>
15       </Mu>
16     </Stream>
17     <Stream Index="2">
18       <Lambda>161; 153; 170; 167</Lambda>
19       <Mu>
20         <Ethernet Type="_10G"
21           FrameLength="1024"/>
22       </Mu>
23     </Stream>
24   </Nodes>
25 </NetworkConfiguration>
```

# Пример работы программы

## Результаты вычислений

### Результаты вычисления уравнений баланса

Поток	Характ.	Узел 1	Узел 2	Узел 3	Узел 4
1	$e_i$	1.017035	1.034700	0.969085	0.979180
	$\lambda'_i$	3224.000	3280.000	3072.000	3104.000
	$\rho_i$	0.361088	0.367360	0.344064	0.347648
2	$e_i$	0.997849	0.988018	1.008909	1.005223
	$\lambda'_i$	649.600	643.200	656.800	654.400
	$\rho_i$	0.538388	0.533084	0.544356	0.542367



# Пример работы программы

## Результаты вычислений

### Стационарные вероятностно-временные характеристики

Поток	Характ.	Узел 1	Узел 2	Узел 3	Узел 4
	$W_i$	0.004841	0.004851	0.004389	0.004441
1	$U_i$	0.004953	0.004963	0.004501	0.004553
	$L_i$	15.608149	15.911909	13.482236	13.785019
	$N_i$	15.969237	16.279269	13.826300	14.132667
2	$U_i$	0.005670	0.005680	0.005218	0.005270
	$L_i$	3.144868	3.120287	2.882530	2.906223
	$N_i$	3.683256	3.653371	3.426886	3.448590

# Пример работы программы

## Результаты вычислений

Все маршруты между узлами  
1 и 4

Маршрут	Вероятность
$1 \rightarrow 4$	0.615385
$1 \rightarrow 2 \rightarrow 4$	0.153846
$1 \rightarrow 3 \rightarrow 4$	0.153846
$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$	0.038462
$1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4$	0.038461

Коэффициент структурной  
надёжности сети

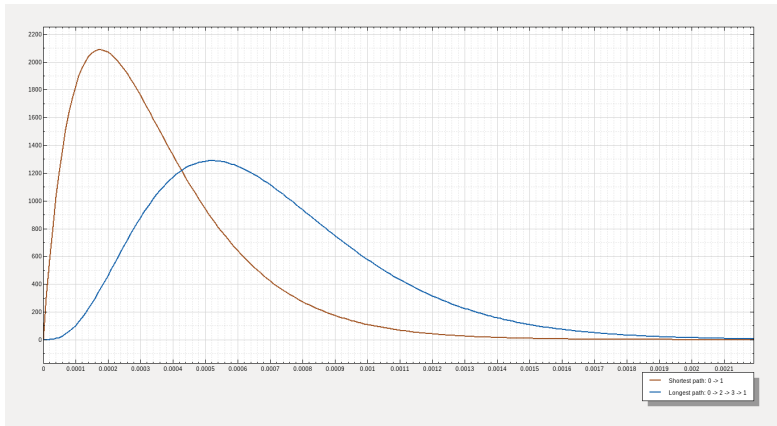
5

Интегральные ВВХ

Поток	Харат.	Значение
	$W$	0.011486
1	$U$	0.011761
	$L$	36.550228
	$N$	37.426723
2	$U$	0.013526
	$L$	7.472934
	$N$	8.800595

# Пример работы программы

Плотности распределения количества сообщений



## Модельный эксперимент

Модельный эксперимент был проведён для следующих сетевых топологий:

1. Шина
2. Звезда
3. Кольцо
4. Дерево
5. Двухмерная квадратная решётка
6. Двухмерная треугольная решётка
7. Трёхмерная квадратная решётка
8. Пирамидальная топология
9. Полносвязная топология

Топология	Среднее время в маршруте (мс)	Коэффициент структурной надёжности	Количество связей
Шина	0.153211	1	9
Звезда	0.055320	1	9
Кольцо	0.014307	1	10
Дерево	0.064059	1	9
Двухмерная квадратная	0.082925	4.844444	24
Двухмерная треугольная	0.089373	50.733333	18
Трёхмерная квадратная	0.069486	24.2	15
Пирамидальная топология	0.008404	503.522222	24
Полносвязная топология	0.013876	109601	45

# Заключение

В дипломной работе выполнено следующее:

1. Изучена методика построения моделей информационно-вычислительных сетей.
2. Разработанна программа, автоматизирующая вычисления стационарных и интегральных вероятностно-временных характеристик, плотностей распределения сообщений в маршрутах сети и среднего количества маршрутов между любыми двумя узлами сети на основе заданной модели сети.
3. Разработаны модели сетей с разными топологиями и с помощью разработанной программы проведён модельный эксперимент по их сравнению по времени и надёжности доставки сообщений.