

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский Авиационный
Институт (Национальный Исследовательский Университет)»

Институт №3 Системы управления, информатика и
электроэнергетика

Кафедра 304 «Вычислительные машины, системы и сети»

Курсовая работа

«Исследование производительности комплекса технических
средств САПР»

Вариант №106

Выполнил:

Давыдов А.П.

Студент группы: М30-311Б-21

Принял преподаватель:

доцент каф.304, к.т.н., Жигалов В.И.

Москва 2024 г.

Задание на курсовую работу по дисциплине «Имитационное моделирование»
студенту группы МЗО-311Б-21
Давыдову Андрею Павловичу

Разработать имитационную модель мультикомпьютерной ВС.

Отчетные материалы: пояснительная записка.

Пояснительная записка должна содержать все разделы, отражающие этапы моделирования ВС, должны быть пронумерованы страницы, сделаны ссылки на используемую литературу и составлено оглавление.

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать следующие разделы:

- задание на КР, подписанное преподавателем и студентом;
- оглавление;
- структурную схему моделируемой системы, описание функционирования ВС;
- описание имитационной модели;
- отлаженную программу моделирования функционирования ВС на языке GPSSH;
- результаты моделирования функционирования ВС;
- анализ результатов моделирования функционирования ВС;
- список литературы.

Литература:

1. О.М. Брехов, Г.А. Звонарева, А.В. Корнеев. Имитационное моделирование: Учеб. пособие. – М.: МАИ, 2015.-324 с.
2. Г. А. Звонарева, А.В. Корнеев. Моделирование мультикомпьютерной вычислительной системы. Под редакцией проф. Брехова О.М.: учебно-методическое пособие - М.: МАИ, 2022 (электронная версия).

Срок окончания:	<u>16</u>	<u>мая</u>	2024 г.
Контроль выполнения: 100%	<u>16</u>	<u>мая</u>	2024 г.

Технические требования для моделирования функционирования ВС приведены в [2].

Параметры рабочей нагрузки и структуры, а также алгоритмы функционирования определяются в соответствии с вариантом задания I.

Вариант задания 106

Руководитель:

доцент каф. 304, к.т.н.

Жигалов В.И.

Исполнитель:

студент гр. МЗО-311Б-21

Давыдов А.П.

Оглавление

Задание.....	4
Структурная схема моделируемой системы.....	6
Структурные схемы алгоритмов моделирования процессов в имитируемой системе.....	7
Описание имитационной модели.....	11
Программа моделирования на GPSS.....	14
Содержание статистического отчета.....	18

Задание

Составить программу моделирования для имитации функционирования комплекса технических средств САПР в соответствии с вариантом задания. Принять, что после обработки на АРМ заявка с вероятностью 0,7 поступает на терминал, а с вероятностью 0,3 передается через КММ на ЦВК. Определить время, в течение которого будет обработано заданное число заявок. Проанализировать собранную статистику.

t_i – интервал времени, через который заявки поступают в систему (на АРМ_{*i*})

Δt_i – время поступления первой заявки (если не равно 0)

n_i – количество заявок

tk_i – время обслуживания на КММ заявки, приходящей с АРМ_{*i*}

T – время обработки заявок

Вариант 10б)

Система включает в себя устройства T_1 , T_2 , T_3 , АРМ₁, АРМ₂, АРМ₃, КММ, ЦВК. Порядок обработки заявок:

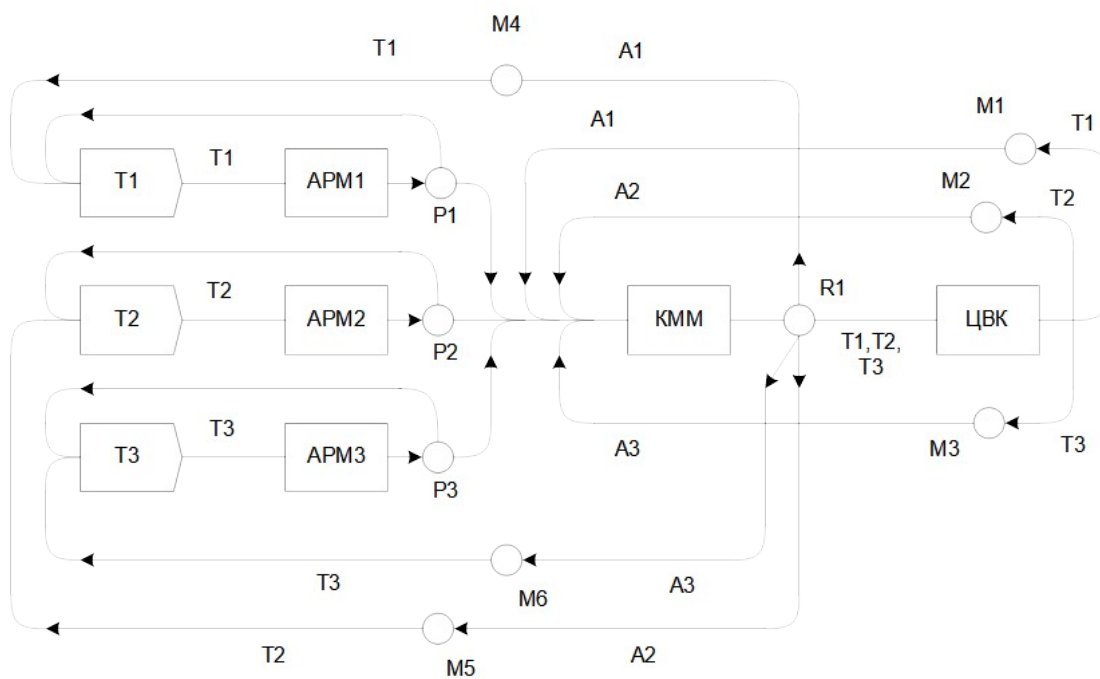
КММ в соответствии с алгоритмом FIFO, а при одновременном поступлении заявок в следующем порядке:
заявки, поступившие с АРМ₁, АРМ₂ и АРМ₃ (равноприоритетны),
заявки любого типа, поступившие с ЦВК (равноприоритетны).

T_i заявки, поступившие с АРМ_{*i*},
($i = 1,2,3$) заявки, поступившие с ЦВК

Все заявки, поступающие на АРМ_{*i*} ($i = 1,2,3$), равноприоритетны.

Параметры модели	Вариант б)
Поступление заявок в систему	$t_1 = 120 \pm 5, n_1 = 57$ $t_2 = 200, n_2 = 18$ $t_3 = 90 \pm 15, n_3 = 45$
T_1	$T = 30 \pm 10$
T_2	$T = 33 \pm 5$
T_3	$T = 35 \pm 12$
АРМ ₁	$P_1 = 0.1, T = 16$
АРМ ₂	$P_2 = 0.7, T = 25$
АРМ ₃	$P_3 = 0.2, T = 30$
ЦВК	$T = 40 \pm 5$
КММ	$tk_1 = 2$ $tk_2 = 3$ $tk_3 = \begin{cases} P_1 = 0.2, & tk_3 = 3 \\ P_2 = 0.8, & tk_3 = 1 \end{cases}$
Условия окончания обслуживания заявок	Систему покидает: — каждая 5-я заявка, поступившая на T_1 с ЦВК; — каждая 4-я заявка, поступившая на T_2 с ЦВК; — каждая 3-я заявка, поступившая на T_3 с ЦВК; (до обработки на T_i)
Условие окончания моделирования	Количество обработанных на ЦВК заявок достигло 300
Определить	Количество заявок каждого типа, обработанных и прекративших обслуживание для каждого из T_i ($i = 1, 2, 3$)

Структурная схема моделируемой системы



Структурные схемы алгоритмов моделирования процессов в имитируемой системе

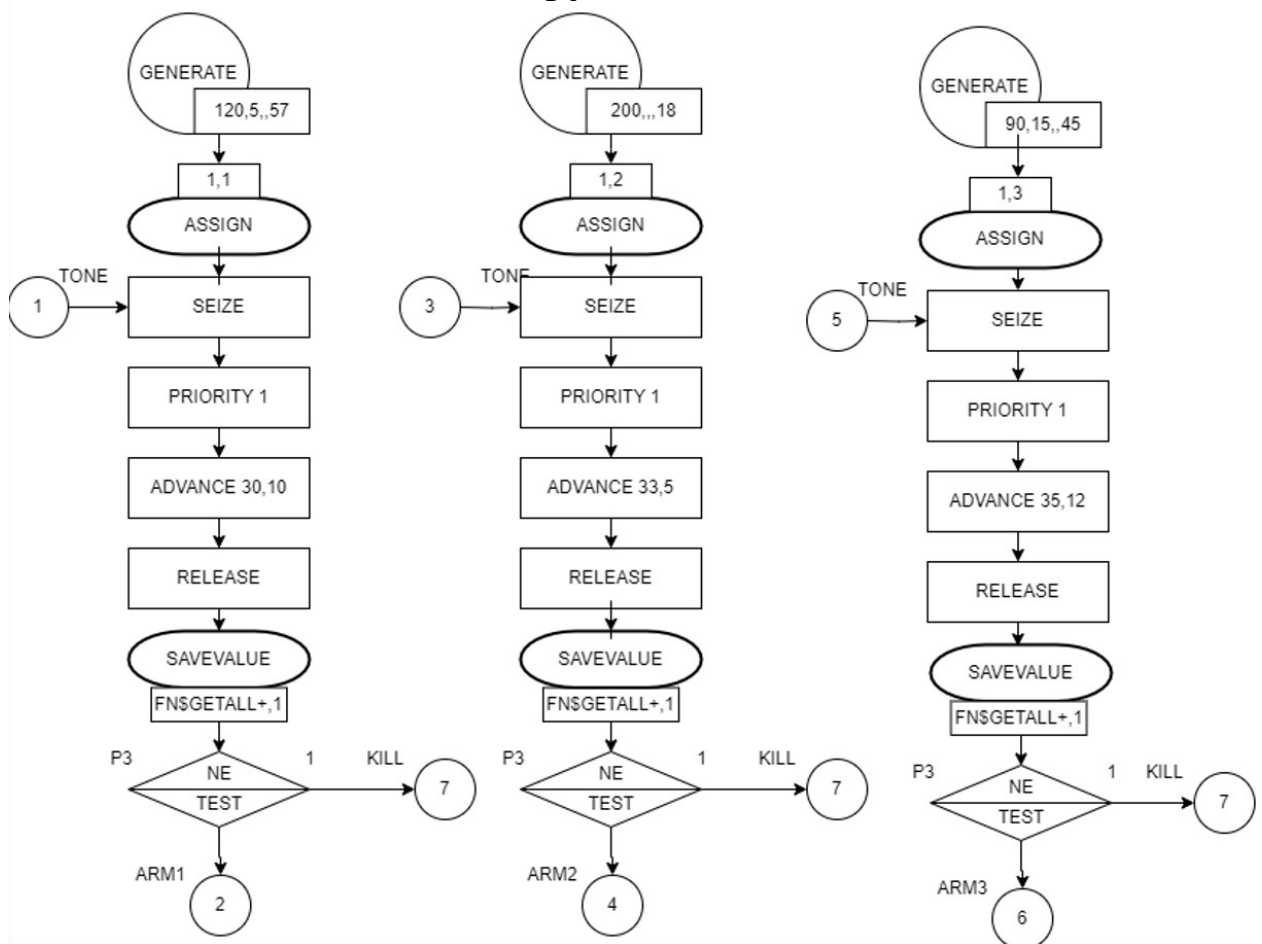


Рис. 1. Структурная схема всех трёх терминалов

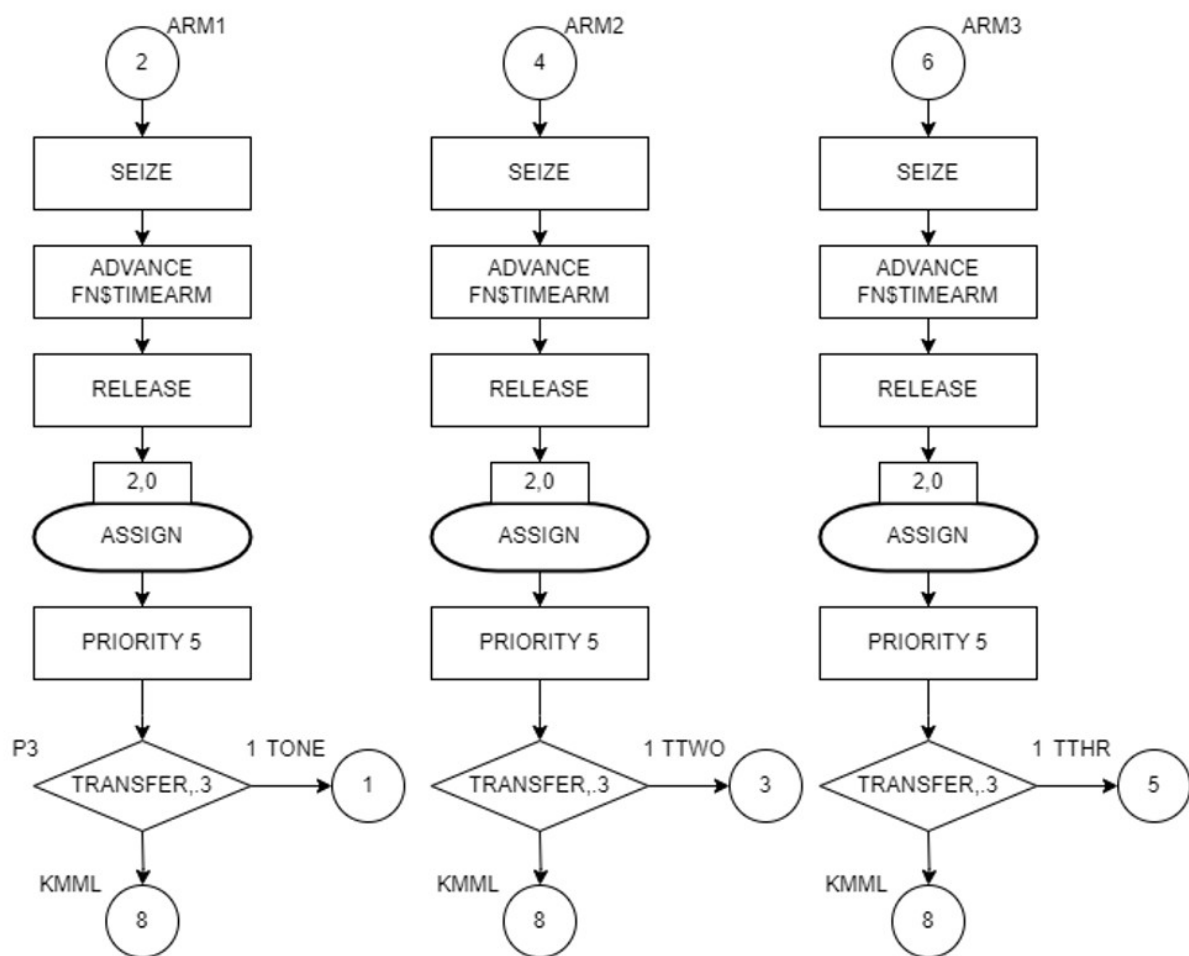


Рис 2. Структурная схема всех трёх АРМ

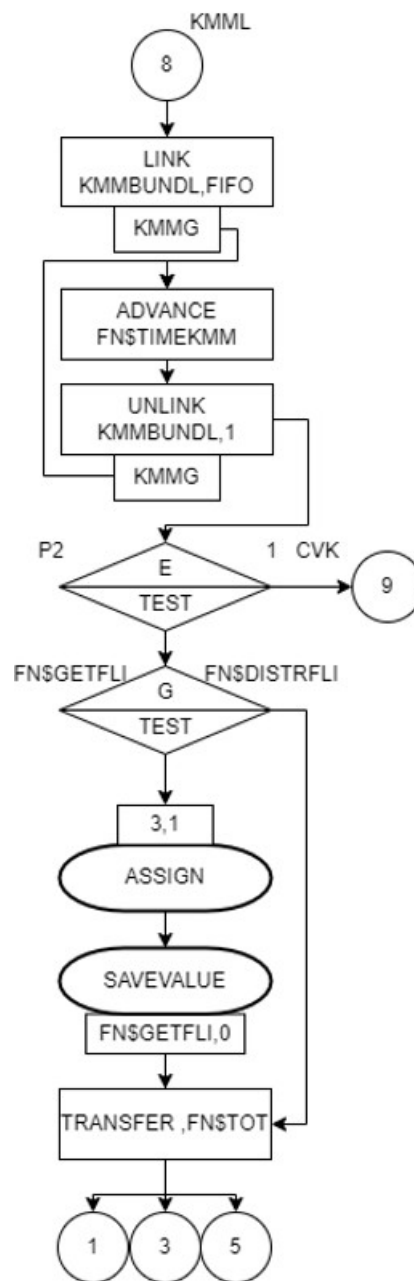


Рис 3. Структурная схема коммутатора малых машин (КММ)

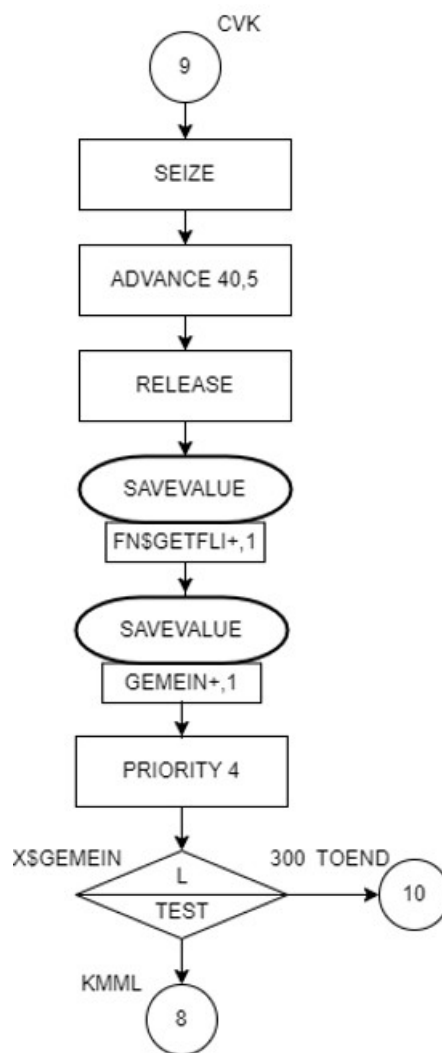


Рис 4. Структурная ЦВК

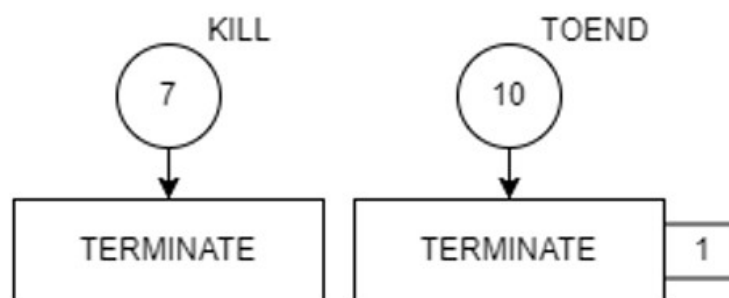


Рис 5. Структурная схема блоков выхода и завершения программы

Описание имитационной модели

Имитационная модель представляет собой алгоритм, отображающий функционирование исследуемой системы во времени и позволяющий определять производительность сложных систем на основе как детерминированных, так и статистических сведений об их рабочей нагрузке. Взамен детерминированных часто используют статистические сведения о потоке решаемых задач, получаемые на основе регрессионного анализа или других методов статистической обработки, а сама исследуемая ВС представляется в виде некоторой системы массового обслуживания (СМО).

ВС, рассматриваемая как СМО, состоит из объектов (элементов) двух основных типов:

- объекты обслуживания – решаемые в ВС задачи, называемые также заявками или динамическими объектами (в СМО GPSS – транзактами);
- средства обслуживания – аппаратные и программные средства ВС, называемые обслуживающими аппаратами (ОА) и часто объединяемые под названиями ресурсы, каналы или статические объекты, причем ОА делятся, в свою очередь, на устройства и памяти.

Наряду с устройствами и памятью в моделях СМО в качестве элементов используются источники заявок и узлы. Источники заявок имитируют процесс поступления заданий в ВС и могут быть зависимыми и независимыми. Узлы – суть элементы, с помощью которых в модели отображаются пути прохождения заявок в системе, позволяя имитировать разветвления, выход заявок из системы, изменения их параметров.

Состояние каждого i -го транзакта A_i в СМО характеризуется двоичной переменной v_i , причем $v_i = 1$, когда транзакт A_i обслуживается в некотором ОА, и $v_i = 0$, когда он ожидает обслуживания в одной из очередей, организуемых операционной системой моделируемой ВС в соответствии с некоторой дисциплиной обслуживания.

Состояние каждого j -го ОА системы характеризуется двоичной переменной $w_j = 1$, когда ОА занят, и $w_j = 0$, когда он свободен, а также целочисленной переменной r_j , соответствующей длине очереди транзактов, ожидающих обслуживания в ОА.

Таким образом, текущее состояние ВС в модели характеризуется векторами состояния $V\{i = 1, \dots, k\}$, $W\{j = 1, \dots, m\}$, $R\{j = 1, \dots, m\}$. Изменение хотя бы одного из их компонентов называется событием, причем предполагается, что такие события происходят мгновенно, в дискретные моменты времени t_q , соответствующие границам тактов t , на которые разбит интервал моделирования $T = Qt$. Функционирование ВС моделируется процессом прохождения транзактов через ОА, образующие СМО. С целью

экономии машинного времени, затрачиваемого на моделирование, в САПР используется так называемый событийный алгоритм, при котором в каждый дискретный момент времени q (q – номер такта) рассматриваются лишь те транзакты и ОА, с которыми связано какое-либо событие [1]. В противном случае на каждом такте модельного времени пришлось бы осуществлять полный просмотр всех транзактов и ОА модели. Поскольку в каждый момент времени события происходят лишь в малой части от общего количества транзактов и ОА, то событийный алгоритм позволяет существенно сократить трудоемкость, а, следовательно, и время моделирования ВС.

Исходными данными для построения имитационной модели ВС служат: структурный состав ВС, связи между отдельными ее устройствами, дисциплина обслуживания заявок в устройствах, маршрут обработки каждой заявки в ВС. Эти данные позволяют построить структуру сетевой имитационной модели (СИМ) для данной ВС. Другая часть исходных данных – сведения о рабочей нагрузке и внутренних параметрах ВС (производительность отдельных ее устройств, объемы их памяти и т.п.) – используется для определения параметров модели.

В результате моделирования получают следующие выходные параметры:

- 1) производительность системы, определяемую как среднее количество обрабатываемых системой заявок в единицу времени, вычисляемое либо по количеству заявок, обработанных в течение заданного интервала времени, либо по времени, необходимому для обслуживания в ВС заданного числа заявок;
- 2) коэффициенты загрузки отдельных устройств ВС, определяемые как отношение суммарного времени занятого состояния соответствующего ОА к общему времени моделирования;
- 3) средние длины очередей к ОА, образующих ВС;
- 4) вероятности обслуживания заявки и т.п.

Составные части имитационных моделей ВС представлены моделями источников заявок, обслуживающих аппаратов-устройств, памяти и средств маршрутизации заявок – различных узлов СИМ.

Модель источника заявок представляет собой алгоритм, по которому вычисляются моменты появления заявок. Модель независимого источника заявок обычно реализуется генератором случайных чисел (ГСЧ) с законом распределения, определяемым исходными данными о рабочей нагрузке, с помощью которого вычисляются интервалы времени между появлениями двух последовательных заявок данного типа. В зависимых источниках очередная заявка на выходе вырабатывается при поступлении на его вход некоторой другой, синхронизирующей заявки.

Модель устройства ВС есть алгоритм определения времени обслуживания заявки. Поскольку время обслуживания в ОА зависит и от объема задания, который точно неизвестен и имитируется типом заявки, и от производительности устройства (внутренний параметр устройства ВС), то в модели этот алгоритм часто реализуется с помощью ГСЧ с заданными законами распределения для заявок каждого из типов. Кроме того, в модель ОА входит алгоритм, управляющий очередями на его входе в соответствии с дисциплиной обслуживания и приоритетами поступающих заявок.

Модель памяти есть алгоритм для определения объема памяти, требующейся при обслуживании заявок различных типов. Он также часто реализуется как ГСЧ. Внутренними параметрами памяти являются ее объем и дисциплина обслуживания. Заявка, поступившая в память, занимает в ней вычисленный объем, но продолжает свой маршрут в модели, а освобождение памяти происходит в момент встречи этой заявки с элементом освобождения памяти.

Узлы СИМ разделяются на три типа: M , P и R .

Узлы типа M осуществляют изменение имени (параметра) заявки, фиксируя тем самым этапы ее прохождения по модели.

Узлы типа R в зависимости от имени направляют заявку по одному из возможных маршрутов. С помощью узлов типа M и R осуществляется жесткая (детерминированная) маршрутизация заявок в СИМ.

Узлы типа P направляют поступившую в них заявку по одному из двух возможных выходных маршрутов в соответствии с заданными их вероятностями.

Программа моделирования на GPSS

* P1 = ИЗ КАКОГО ТЕРМИНАЛА ПРИШЛИ

* P2 = ИЗ СВК ИЛИ ARM ПРИШЛИ

* P3 = НА УДАЛЕНИЕ

REALLOCATE COM,32720

SIMULATE

* ===ПЕРЕМЕННЫЕ===

INITIAL X\$GEMEIN,0

INITIAL X\$FIRTOTAL,0

INITIAL X\$SECTOTAL,0

INITIAL X\$THRTOTAL,0

INITIAL X\$FIRFLICK,0

INITIAL X\$SECFLICK,0

INITIAL X\$THRFLICK,0

* ===ФУНКЦИИ===

*Подсчёт количества транзактов по первому параметру

GETALL FUNCTION P1,E3

1,FIRTOTAL/2,SECTOTAL/3,THRTOTAL

*подсчёт счётчиков сброса по первому параметру

GETFLI FUNCTION P1,E3

1,FIRFLICK/2,SECFLICK/3,THRFLICK

*Распределитель на счётчики сброса

DISTRFLI FUNCTION P1,E3

1,5/2,4/3,3

*Возврат в соответствующий Т (Терминал)

TOT FUNCTION P1,E3

1,TONE/2,TTWO/3,TTHR

*Распределить времени выполнения для ARM

TIMEARM FUNCTION RN1,C3

.1,16/.8,25/1,30

*Распределитель для КММ у транзактов, пришедших с Т3

TIMEKMMT FUNCTION RN2,C2

.2,3/1,1

*Распределитель времени для КММ

TIMEKMM FUNCTION P1,E3

1,2/2,3/3,FN\$TIMEKMMT

*==МЕТКИ==

*---УНИЧТОЖЕНИЕ---

KILL TERMINATE

*---T1---

GENERATE 120,5,,57

ASSIGN 1,1

QTONE QUEUE QTONE

SEIZE T1

DEPART QTONE

PRIORITY 1

ADVANCE 30,10 *(30+-10)

RELEASE T1

SAVEVALUE FN\$GETALL+,1

TEST NE P3,1,KILL

TRANSFER ,ARM1

*---T2---

GENERATE 200,,18

ASSIGN 1,2

TTWO QUEUE QTTWO

SEIZE T2

DEPART QTTWO

PRIORITY 1

ADVANCE 33,5 *(33+-5)

RELEASE T2

SAVEVALUE FN\$GETALL+,1

TEST NE P3,1,KILL

TRANSFER ,ARM2

*---T3---

GENERATE 90,15,,45
ASSIGN 1,3
TTHR QUEUE QTTHR
SEIZE T3
DEPART QTTHR
PRIORITY 1
ADVANCE 35,12 *(35+-12)
RELEASE T3
SAVEVALUE FN\$GETALL+,1
TEST NE P3,1,KILL
TRANSFER ,ARM3

*---ARM1---

ARM1 QUEUE QARM1
SEIZE ARM1
DEPART QARM1
ADVANCE FN\$TIMEARM
RELEASE ARM1
ASSIGN 2,0
PRIORITY 5
TRANSFER .3,TONE,KMML

*---ARM2---

ARM2 QUEUE QARM2
SEIZE ARM2
DEPART QARM2
ADVANCE FN\$TIMEARM
RELEASE ARM2
ASSIGN 2,0
PRIORITY 5
TRANSFER .3,TTWO,KMML

*---ARM3---

ARM3 QUEUE QARM3
SEIZE ARM3
DEPART QARM3
ADVANCE FN\$TIMEARM

RELEASE ARM3
ASSIGN 2,0
PRIORITY 5
TRANSFER .3,TTHR,KMML

*---KMM---

KMML QUEUE QKMM

LINK KMMBUNDL,FIFO,KMMG

KMMG DEPART QKMM

ADVANCE FN\$TIMEKMM

UNLINK KMMBUNDL,KMMG,1

TEST E P2,1,CVK *Второй параметер показывает, откуда пришли. 0=ARM, 1=CVK(Передача в терминал)

TEST G FN\$GETFLI,FN\$DISTRFLI,KMMSK

ASSIGN 3,1

SAVEVALUE FN\$GETFLI,0 *аннулируем соответствующий счётчик

KMMSK TRANSFER ,FN\$TOT

*---CVK---

CVK ASSIGN 2,1

QUEUE QCVK

SEIZE CVK

DEPART QCVK

ADVANCE 40,5

RELEASE CVK

SAVEVALUE FN\$GETFLI+,1

SAVEVALUE GEMEIN+,1

PRIORITY 4

TEST L X\$GEMEIN,300,TOEND

TRANSFER ,KMML

*===КОHEЦ===

TOEND TERMINATE 1

START 1

END

Содержание статистического отчета

Facilities: 1=T1 2=T2 3=T3 35=ARM1 43=ARM2 51=ARM3

69=CVK

Queues: 1=QTONA 2=QTTWO 3=QTTHR 4=QARM1 5=QARM2 6=QARM3

7=QKMM 8=QCVK

Functions: 1=GETALL 2=GETFLI 3=DISTRFLI 4=TOT 5=TIMEARM
6=TIMEKMMT

7=TIMEKMM

Fullword Savexes: 1=GEMEIN 2=FIRTOTAL 3=SECTOTAL 4=THRTOTAL 5=FIRFLICK
6=SECFLICK

7=THRFLICK

User Chains: 1=KMMBUNDL

Parameters: 1 2 3

Random Numbers: 1 2

Symbol Value EQU Defns Context References by Statement Number

FIRFLICK	5		Absolute	69	
FIRTOTAL	2		Absolute	65	
SECFLICK	6		Absolute	69	
SECTOTAL	3		Absolute	65	
THRFLICK	7		Absolute	69	
THRTOTAL	4		Absolute	65	
TONE	4		Absolute	77	
TTHR	26		Absolute	77	
TTWO	15		Absolute	77	
ARM1	35	135	Block	106	
ARM2	43	145	Block	119	
ARM3	51	155	Block	132	
CVK	69	177	Block	170	
KILL	1	93	Block	105	118 131
KMMG	61	167	Block	166	169
KMML	59	165	Block	142	152 162 187
KMMSK	68	174	Block	171	

TOEND	80	190 Block	186
TONE	4	98 Block	142
TTHR	26	124 Block	162
TTWO	15	111 Block	152
ARM1	35	Facility	136 139
ARM2	43	Facility	146 149
ARM3	51	Facility	156 159
CVK	69	Facility	179 182
T1	1	Facility	99 103
T2	2	Facility	112 116
T3	3	Facility	125 129
QARM1	4	Queue	135 137
QARM2	5	Queue	145 147
QARM3	6	Queue	155 157
QCVK	8	Queue	178 180
QKMM	7	Queue	165 167
QTONE	1	Queue	98 100
QTTHR	3	Queue	124 126
QTTWO	2	Queue	111 113
DISTRFLI	3	72 Function	171
GETALL	1	64 Function	104 117 130
GETFLI	2	68 Function	171 173 183
TIMEARM	5	80 Function	138 148 158
TIMEKMM	7	88 Function	168
TIMEKMMT	6	84 Function	89
TOT	4	76 Function	174
FIRFLICK	5	Fullword Svz	59
FIRTOTAL	2	Fullword Svz	55
GEMEIN	1	Fullword Svz	53 184 186

SECFLICK 6 Fullword SvX 60
 SECTOTAL 3 Fullword SvX 56
 THRFLICK 7 Fullword SvX 61
 THRTOTAL 4 Fullword SvX 57

KMMBUNDL 1 User Chain 166 169

Symbol Value EQU Defns Context References by Statement Number

1 1 Parameter 64 68 72 76 88 97 110 123
 2 2 Parameter 140 150 160 170 177
 3 3 Parameter 105 118 131 172

1 1 Random Nbr 80
 2 2 Random Nbr 84

Storage Requirements (Bytes)

Compiled Code: 3250

Compiled Data: 256

Miscellaneous: 0

Entities: 5096

Common: 32720

Total: 41322

GPSS/H Model Size:

Control Statements 17

Blocks 80

Simulation begins.

Relative Clock: 25837.0992 Absolute Clock: 25837.0992

Block Current Total	Total	Block Current Total	Total	Block Current Total	Total	Block Current Total	Total
KILL	63 11	855 21	68 31	176 41	854		
2	57 12	855 22	68 32	176 42	854		
3	57 13	18 23	50 33	176 ARM2	50		
TONE	54 910 14	18 24	45 34	131 44	50		

5		856 TTWO	68 25	45 ARM1		855 45	50
6		856 16	68 TTHR	176 36		855 46	50
7		856 17	68 27	176 37		855 47	50
8	1	856 18	68 28	176 38	1	855 48	50
9		855 19	68 29	176 39		854 49	50
10		855 20	68 30	176 40		854 50	50

Block Current Total Block Current Total Block Current Total

ARM3	131	KMMG	599	71	300
52	131	62	599	72	300
53	131	63	599	73	300
54	131	64	599	74	300
55	131	65	299	75	300
56	131	66	63	76	300
57	131	67	63	77	300
58	131	KMMSK	299	78	300
KMML	599	CVK	300	79	299
60	599	70	300	TOEND	1

--Avg-Util-During--

Facility Total Avail Unavl Entries Average Current Percent Seizing Preempting

	Time	Time	Time	Time/Xact	Status	Avail	Xact	Xact
T1	0.993		856	29.975	AVAIL	13		
T2	0.088		68	33.333	AVAIL			
T3	0.235		176	34.483	AVAIL			
ARM1	0.703		855	21.252	AVAIL	5		
ARM2	0.043		50	22.151	AVAIL			
ARM3	0.110		131	21.607	AVAIL			
CVK	0.469		300	40.398	AVAIL			

Queue	Maximum	Average	Total	Zero	Percent	Average	\$Average	Qtable	Current
	Contents	Contents	Entries	Entries	Zeros	Time/Unit	Time/Unit	Number	Contents
QTONE	56	47.111	910	3	0.3	1337.602	1342.026	54	
QTTWO	2	0.021	68	42	61.8	7.877	20.602	0	
QTTHR	16	1.728	176	8	4.5	253.681	265.761	0	

QARM1	1	0.016	855	732	85.6	0.497	3.452	0
QARM2	1	0.000	50	50	100.0	0.000	0.000	0
QARM3	1	0.001	131	120	91.6	0.178	2.117	0
QKMM	2	0.001	599	579	96.7	0.037	1.111	0
QCVK	4	0.200	300	164	54.7	17.202	37.945	0

User Chain	Entries	Average Time/Xact	Average Contents	Current Contents	Maximum Contents
------------	---------	----------------------	---------------------	---------------------	---------------------

KMMBUNDL	20	1.111	0.001	0	2
----------	----	-------	-------	---	---

Non-zero Fullword Savevalues: (NAME : VALUE)

GEMEIN: 300, FIRTOTAL: 855, SECTOTAL: 68, THRTOTAL: 176, FIRFLICK: 237

Random Stream	Antithetic Variates	Initial Position	Current Position	Sample Count	Chi-Square Uniformity
1	OFF	100000	103575	3575	0.86
2	OFF	200000	200090	90	0.46

Status of Common Storage

25104 bytes available

7616 in use

7776 used (max)

Simulation complete. Absolute Clock: 25837.0992

Total Block Executions: 26092

Blocks / second: 4132208

Microseconds / Block: 0.24

Elapsed Time Used (Sec)

Pass1: 0.00

Sym/Xref 0.00

Pass2: 0.00

Load/Ctrl: 0.00

Execution: 0.01

Output: 0.00

Total: 0.01