

Ц 840
Г-835

3/1-742

5291/2-76

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



10 - 10059

К.В.Григорян, А.С.Нанасян, Г.А.Ососков

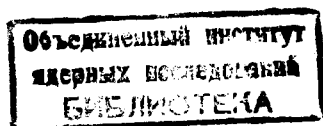
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
НА ЯЗЫКЕ "СИМУЛА-67"

1976

10 - 10059

К.В.Григорян, А.С.Нанасян, Г.А.Ососков

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
НА ЯЗЫКЕ "СИМУЛА-67"



В связи с ростом темпа физических исследований и успехами в создании измерительной аппаратуры и вычислительной техники, в последнее время повышается интерес к работам, посвященным вычислительным системам реального времени.

В данной работе проведено моделирование методом Монте-Карло функционирующей системы сбора, накопления и предварительной обработки информации, работающей в реальном времени, для получения ее характеристик.

Формализация задач исследования таких систем зачастую приводит к схемам теории массового обслуживания. Известны примеры, когда аналитический аппарат, достаточно хорошо развитый для исследования систем массового обслуживания, был успешно применен для решения задач, возникающих при описании систем реального времени ^{/1/}. Однако при рассмотрении таких вопросов, как алгоритмы диспетчеризации, распределение приоритетов и т.п., аналитические методы становятся чрезвычайно громоздкими, а порою и бессильными. В связи с этим часто для анализа и расчета характеристик вычислительных систем применяются методы прямого моделирования ^{/2-4/}. Такой подход позволяет строить имитирующие модели любой степени сложности при произвольных распределениях входных потоков и находить многие интересующие нас ответы, как, например: среднее время реакции, распределение длины очереди и т.п. Статистическое моделирование поведения системы целесообразно и в условиях, при которых возможно проведение аналитических расчетов, так как совпадение результатов позволяет проверить корректность предпо-

сылок аналитической модели и служит веским основанием для выработки практических рекомендаций.

Указанная выше методика была применена при исследовании измерительно-вычислительного комплекса Ереванского физического института^{/5-6/}, состоящего из ЭВМ PDP-9 и PDP-8/ε, используемых для сбора и накопления данных, ЭВМ M-222, ЕС-1020 и БЭСМ-6, соединенных с первыми двумя и предназначенных для последующей обработки накопленной информации. Система обслуживает экспериментальные установки на пучке ускорителя в режиме "на линии" и устройства обработки пленочной информации: сканирующий автомат HPD и сканирующий измерительный проектор "Лусик"/5/. Ядро системы - функционально связанные ЭВМ PDP-9 и PDP-8/ε, работающие в режиме разделения времени с несколькими потребителями. При построении системы существенным фактором является оптимальное распределение функций по обслуживанию каналов, приему, накоплению и обработке информации.

Изучение функционирования системы производилось поэтапно.

На первом этапе набора статистической информации в состав программ сбора и накопления были включены подпрограммы отсчета времени между запросами от двух физических установок. Интервалы подсчитывались с помощью часов реального времени, входящих в состав ЭВМ PDP-9.

Полученные значения запоминались на магнитной ленте и впоследствии обрабатывались программами статистической обработки на ЭВМ M-222. Здесь следует подчеркнуть различие рассматриваемых входных потоков: если каждое событие с первой установки содержало фиксированное количество слов, то размер массива информации со второй установки менялся от события к событию и носил случайный характер. Для имитации входных потоков было необходимо определить вид распределения временных интервалов между заявками, его параметры, а также распределение длины массива информации (числа машинных слов в событии). На рис. 1

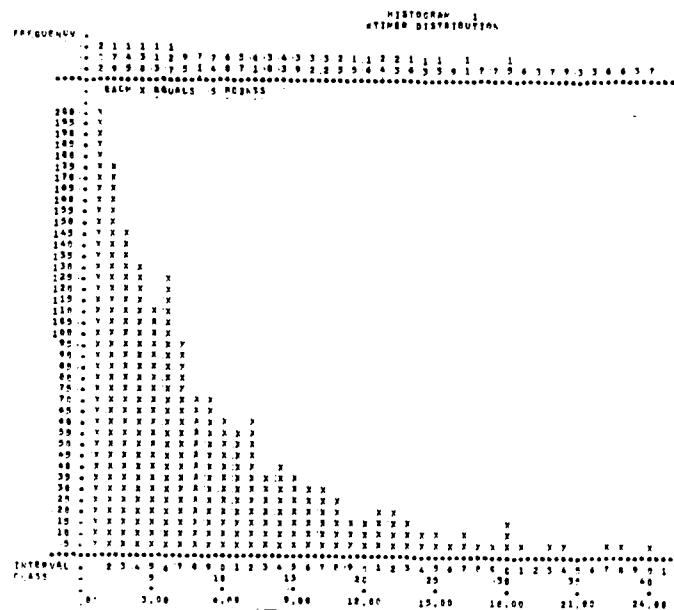


Рис. 1

приведен вид распределения входного потока для первого эксперимента, на рис. 2 - распределение количества слов в событии для второго эксперимента. Как видно из рисунков, входные потоки от установок на пучке носят пуассоновский характер (экспоненциальное распределение промежутков между событиями), а распределение количества слов в событии - гауссовский с соответствующими параметрами.

Управление сканирующим автоматом HPD порождает периодический поток заявок, которые внутри каждого периода можно условно разбить на три цикла: сканирование, управление движением столов и фильмопротяжкой и предварительная обработка координат. Период и длительность циклов сильно зависят от вида обрабатываемых фильмов. В рассматриваемом случае они были

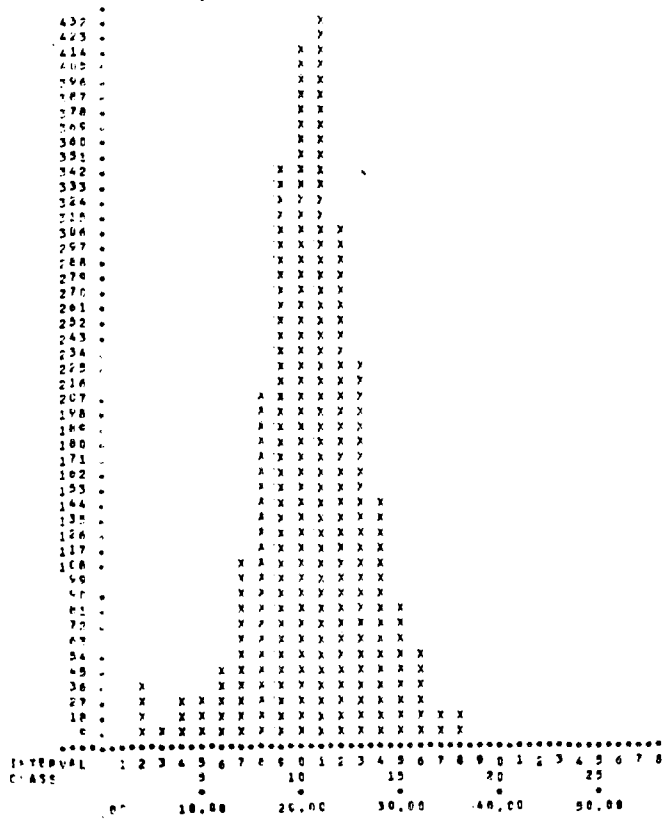
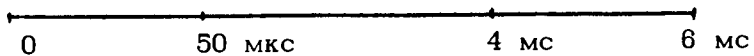


Рис. 2

равны: период ~9 с, цикл сканирования ~2,5 с, следующий цикл ~3+3,5 с и последний ~3 с. Интенсивности потоков заявок резко отличались от цикла к циклу. Первый цикл состоял из более чем 300 подциклов со следующей временной структурой (отмечены моменты поступления заявок):



Это определяет основную составляющую потока заявок с постоянным временем обслуживания $\sim 4 \cdot 10^{-5}$ с. При невыполнении определенных условий, задаваемых оператором, цикл сканирования с вероятностью 0,1 повторялся в пределах одного периода с задержкой 0,5 с. Практическое изучение потока заявок от второго цикла показало, что он дает менее 1+2% всех заявок с устройства (во время третьего цикла устройство вообще не посылает заявок в ЭВМ). Поэтому в первой версии модели имитировались заявки только от первого цикла.

На втором этапе изучения функционирования системы полученные статистические данные использовались для построения ее модели с целью оценки влияния потока заявок от НРД на качество обслуживания запросов от физических установок на пучке ускорителя.

Немаловажным фактором, во многом определяющим качество модели, является выбор языка моделирования. Хорошо известны методы агрегативных структур^{/2/} и блочных моделей^{/3/}, которые, несмотря на возможность использования алгоритмических языков высокого уровня, требуют весьма больших затрат на программирование, особенно на разработку многочисленных стандартных процедур, реализующих необходимые средства Монте-Карло в применении к сложным системам. Естественно, что у авторов возникла мысль обратиться к специальным языкам моделирования. К моменту разработки модели в состав матобеспечения ЭВМ CDC-6400 ОИЯИ был включен транслятор с языка СИМУЛА-67, что и определило выбор языка для программирования модели. Ниже дано достаточно подробное словесное описание модели, сопровождаемое фрагментами программы на языке СИМУЛА-67. Авторы придерживаются терминологии, принятой в работе^{/7/}.

Основная программа является блоком с префиксом SIMULATION. Это означает, что в ней становятся доступными средства, предназначенные для моделирования - класс PROCESS и связанные с этим процедуры. Далее идут описания необходимых переменных: ссылочных - для ссылок на процессы или наборы, текстовых - для удобного представления результатов и т.п. Все заявки

в системе описаны отдельными классами с префиксом **PROCESS**, что дает им возможность быть представленными в управляющем списке. В программе присутствуют восемь описаний классов, из которых шесть служат для имитации входных потоков, а два имитируют работу процессоров ЭВМ PDP-9 и PDP-8/e при прерывании.

Классы заявок для входных потоков имеют общую структуру, которую можно условно представить в виде трех блоков. В первом проверяется доступность соответствующей ЭВМ, и, если последняя занята обслуживанием, осуществляется постановка заявки в очередь (регистр прерываний и т.п.) с учетом ее приоритета, и процесс переводится в пассивное состояние. Следующая активная фаза этого процесса планируется извне другим процессом, имитирующим работу ЭВМ.

Во втором блоке посредством обращения к системной процедуре накопления гистограммы **HISTO** подсчитываются время ожидания для текущей заявки, количество заявок в очереди и общее время нахождения в системе. В последнем блоке вычисляются величины, связанные с планированием следующей активной фазы (планируется следующая активная фаза заявки, принадлежащей данному классу).

На рис. 3 в качестве примера приведено описание класса, предназначенного для имитации прохождения заявок со второй установки через ЭВМ PDP-8/e, а на рис. 4 — описание класса, имитирующего работу ЭВМ PDP-9.

Процессы, имитирующие работу ЭВМ, осуществляют постоянный опрос очередей, и, если очередь не пуста, активируют высшую по приоритету заявку из очереди.

Выбранная структура программ позволяет легко выполнять различные модификации с целью усложнений модели как функциональных (изменение характера входных потоков, времен обслуживания), так и структурных (добавление новых ЭВМ и/или установок). Для этого достаточно внести соответствующие изменения в теле класса, либо продекларировать новый класс с префиксом **PROCESS** и нужными атрибутами.

```

317 PROCESS CLASS# PINEZ,
318 #BEQINF
319 #NEAL# TIME,
320 #INTEGER# NGR,,
321 #REF#(PROCESS) PIMPR,,
322 TIME#TIME,,
323 #IF# TIME #NOT #GREATER# FREE# #THEN#
324 #BEQINF
325 #IF# IRG#FIRST #IS# #222# #THEN#
326 #BEQINF
327 #IMPR#-IRG#FIRST,,
328 #IMPR#-PIMPR#SU,,
329 #IF# #IMPR# #IS# #TIME# #THEN#
330 #BEQINF
331 #THIS# #IMEZ#FOLLOW#(PIMPR)..
332 #NR#-IRG#CARDINAL..
333 #PASSIVATE,,
334 #END#
335 #ELSE#
336 #IF# IRG#FIRST #IS# #TIME# #THEN#
337 #BEQINF
338 #THIS# #IMEZ#FOLLOW#(PIMPR)..
339 #NR#-IRG#CARDINAL..
340 #PASSIVATE,,
341 #END#
342 #ELSE#
343 #BEQINF
344 #IF# IRG#EMPTY #THEN#
345 #BEQINF
346 #THIS# #IMEZ#INT#(IR)..
347 #NR#-IRG#CARDINAL..
348 #PASSIVATE,,
349 #END#
350 #ELSE#
351 #BEQINF
352 #IMPR#-IRG#FIRST..
353 #THIS# #IMEZ#PRECEDE#(PIMPR)..
354 #NR#-IRG#CARDINAL..
355 #PASSIVATE,,
356 #END#
357 #END#
358 #END#
359 #COMMENT# ***** ..
360 #ASTU#(IR,AQ,NR,IR)..
361 #NB#(3/3)#TANL-TAN0..
362 #HISTO#(NR03,XTM,NO#(3/3),1)..
363 #PUPP#-#NEM# #IS#..
364 #MULTI#(PUPP# #IF# TIME#TS#(3/3)..
365 #IF# #UPH#IDLE #THEN#
366 #BEQINF
367 #IF# #PH#EVTIME #LESS# FREE# #THEN#
368 #FREE#-FREE#-SERVPU..
369 #END#
370 #ELSE#
371 #FREE#-TIME#TS#(3/3)..
372 #MULTI#(PUPP# #NEM# #EQ# #FREE# ..
373 #END# OF CLASS# PINEZ ***** ..
374 #COMMENT# ***** ..
375

```

Рис. 3

```

424
424 PROCESS *CLASS* INTERRU.,
425 *BEGIN*
426 *IF* *SKCH.EMPTY* *THEN*
427 *BEGIN*
428 *ACTIVATE* SKCH.FIRST.,
429 SKCH.FIRST.OUT.,
430 *END*,
431 *END* OF INTERRU. .

```

Рис. 4

Среди результатов моделирования выделим два различных с точки зрения загрузки варианта.

Первый вариант - повышенная загрузка. Частоты поступления заявок с 1 и 2-й установок равны, соответственно: $\nu_1 = 4 \cdot 10^{-4}$, $\nu_2 = 8 \cdot 10^{-4}$, среднее число слов PDP-9 в событии для второй установки равно 20, разброс - 5. Поток заявок HPD был описан выше.

Потоки заявок от ЭВМ M-22 представляют собой потоки групп из 768 слов PDP-8/e, поступающих через промежутки времени, распределенные нормально, со средним - 5 с, разбросом - 1 с.

Времена обслуживания заявок: для PDP-8/e - $st = 50$ мкс; для PDP-9 - $st_1 = 90$ мкс для 1-й установки и $st_2 = 80$ мкс для второй. Запросы от ЭВМ M-222 обслуживались за 30 мкс.

Поведение системы исследовалось на интервале 15 мин. За это время из 112755 заявок на ЭВМ PDP-8/e только в 52 случаях наблюдалось образование очереди в одну заявку, для ЭВМ PDP-9 эти цифры равны, соответственно, 180300 и 330. Гистограммы времен ожидания для заявок на ЭВМ не приводятся, так как более чем 99,5% заявок ожидало обслуживания менее чем 10 мкс. Распределение времени нахождения в системе для второй установки приведено на рис. 5.

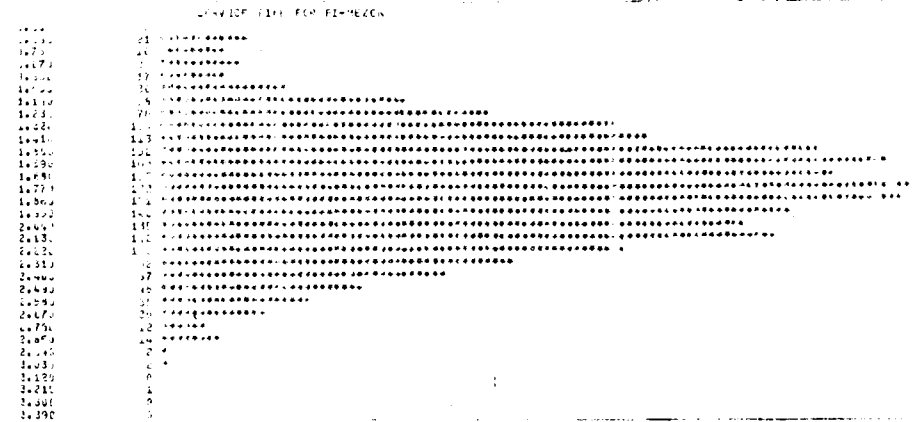


Рис. 5

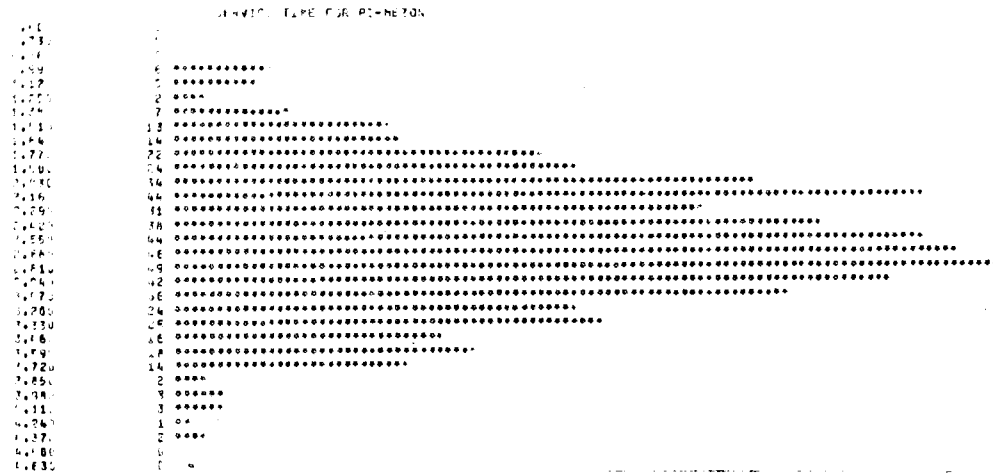


Рис. 6

Второй вариант - обычная загрузка в отсутствие НРД. Частоты поступления заявок $\nu_1 = 2 \cdot 10^{-4}$, $\nu_2 = 4 \cdot 10^{-4}$. Обслуживание: $st = 50$ мкс, $st_1 = 70$ мкс, $st_2 = 40$ мкс. Очереди не образовывались. Распределение времени нахождения в системе дано на рис. 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Построена модель функционирующей системы реального времени, включающей разнотипные ЭВМ, на линии с физической аппаратурой. Модель ориентирована на расширение системы путем включения новых ЭВМ и установок.

2. Моделирование на СИМУЛА-67 показало высокую эффективность применения языка к такому классу задач. Само изучение языка СИМУЛА-67 способствует развитию навыков моделирования систем с дискретными событиями.

3. Предварительные расчеты на СИМУЛА-модели показали оптимальность выбранной конфигурации конкретной подсистемы измерительно-вычислительного комплекса ЕрФИ и живучесть этой подсистемы в условиях повышенных нагрузок.

Авторы выражают благодарность И.Е.Васинюку за полезные обсуждения вопросов, связанных с характеристиками сканирующего автомата ЕрФИ, а также О.В.Благонравовой и Ю.И.Шелонцеву за помощь в освоении транслятора с языка СИМУЛА-67 на ЭВМ CDC-6400. ОИЯИ.

1 ЛИТЕРАТУРА

1. В.В.Липаев, К.К.Колин, Л.А.Серебровский. Математическое обеспечение управляющих ЦВМ. "Сов. Радио", М., 1972.
2. Н.П.Бусленко. Моделирование сложных систем. "Наука", 1968.

3. Ю.Г.Поляк. Вероятностное моделирование на ЭВМ. "Сов. Радио", М., 1971.
4. М.А.Алексеевский и др. О методике исследования режима работы управляющей машины в реальном масштабе времени. В сб. "ЦВТ и программирование", №4, М., 1968.
5. А.С.Нанасян. В сб. "Материалы семинара по обработке физической информации". Ереван, 1976, стр. 25.
6. К.В.Григорян и др. В сб. "Материалы Семинара по обработке физической информации". Ереван, 1976, стр. 75.
7. У.Дал, Б.Мюрхауг, К.Нюгорд. СИМУЛА-67. Универсальный язык программирования. М., "Мир", 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 августа 1976 года.