

8 СОСТАВЛЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА GPSS-2

8.1 Моделирование очередей

8.1.1 Общая характеристика очередей

В GPSS объекты типа "очередь" вводятся для сбора статистических данных.

Статистика об очередях собирается в моменты входа сообщения в блок QUEUE (вход в очередь) или в блок DEPART (выход из очереди). Важно отметить, что задержку сообщений в очереди вызывает не очередность сообщений, а условия, при которых сообщение входит в очередь (например, состояния объектов типа "устройство").

Только объекты типа "очереди" обеспечивают пользователя данными относительно задержки. Примером служит блок QUEUE, стоящий перед блоком SEIZE, задерживающим сообщения в случае занятости специфицированного устройства.

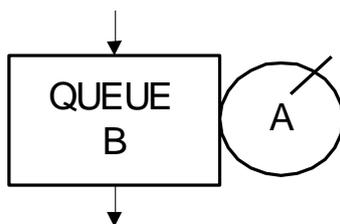
Поскольку очереди в GPSS по природе своей являются статистическими объектами, списки сообщений, находящихся в очереди, не составляются. Кроме того, использование очередей никоим образом не влияет на внутренние операции GPSS и процедуру просмотра GPSS\PC.

С объектом "очередь" связаны два типа блоков: QUEUE, DEPART.

8.1.2 Блок QUEUE

Формат записи блока QUEUE:

QUEUE <A>,[]



Блок QUEUE увеличивает длину очереди.

В поле A задается номер или имя очереди, к длине которой добавляются единицы. Операнд может быть именем, положительным целым, СЧА или СЧА*<параметр>.

Поле B определяет число единиц, на которое увеличивается текущая длина очереди. Если поле B пусто, то прибавляется единица. Операнд может быть именем, положительным целым, СЧА или СЧА*<параметр>.

Когда сообщение входит в блок QUEUE, то ищется очередь с именем, определенным операндом A. Если необходимо, очередь создается.

Поскольку к очереди добавляются единицы, а не сами сообщения, не составляется список членов очереди. Сообщения в этот же момент условного времени пытаются перейти к следующему блоку.

Кроме того, очередь обычно используется для измерения времени ожидания, поэтому за блоком QUEUE обычно следуют такие блоки, как SEIZE, PREEMPT или ENTER, которые могут задержать сообщение. К таким блокам относятся также блоки GATE и TEST, работающие в режиме условного входа.

Одно и то же сообщение может одновременно увеличить длину нескольких очередей, т.е. сообщение может войти в несколько блоков QUEUE перед тем, как войти в соответствующие блоки DEPART.

Стандартные числовые атрибуты, связанные с описываемым оператором, следующие:

- Q – текущая длина очереди;
- QA – средняя длина очереди;
- QC – общее число входов в очередь;
- QM – максимальная длина очереди;
- QT – среднее время ожидания в очереди;

– QX – среднее время ожидания в очереди для сообщений с ненулевым временем задержки;

– QZ – число входов в очередь с нулевым временем задержки.

Операции, выполняемые при входе сообщения в блок QUEUE

При входе сообщения в блок QUEUE текущая длина очереди j увеличивается на величину, указанную в поле В. Новое значение длины очереди Q_j сравнивается с максимальным значением QM_j . Если новое значение больше, то это значение становится новым максимальным значением длины очереди.

Общее число входов в очередь также увеличивается на величину, указанную в поле В. Поэтому число сообщений, входящих в блок QUEUE, будет всегда меньше или равно общему числу входов (QC_j) в блок QUEUE.

Для того чтобы обеспечить правильный сбор статистики в случае, когда сообщение одновременно входит в несколько очередей, а также в случае, когда сообщение входит в блок ADVANCE, будучи при этом членом одной или нескольких очередей, фиксируются номера очередей, куда поступает сообщение. При выходе из очереди в блоке DEPART сообщение не обязательно должно уменьшать длину очереди на ту же величину, на которую оно увеличило ее при входе в блок QUEUE. Но в конечном счете число входов в очередь должно быть равно числу выходов из очереди.

В программе блока QUEUE вычисляется интервал времени с момента последнего изменения длины очереди:

		Текущее		Время
Длина	=	значение	–	последнего
интервала		абсолютного		изменения
		условного времени		состояния

Произведение длины этого интервала на значение длины очереди на этом интервале является приращением временного интеграла. Текущее значение абсолютного условного времени записывается как время последнего изме-

нения состояния очереди.

Временной интеграл делится на значение относительного условного времени для средней длины QA_j очереди j .

Для определения среднего времени задержки сообщения в очереди временной интеграл делится на общее число входов в очередь (QT_j), а для определения среднего времени задержки без учета нулевых входов (QX_j) – на число ненулевых входов.

Запоминается также текущее значение абсолютного условного времени с тем, чтобы впоследствии занести в таблицу время задержки очереди.

Рассмотрим несколько примеров блока QUEUE.

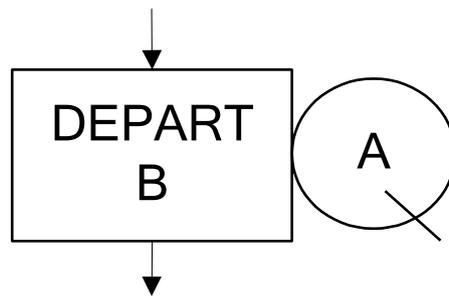
QUEUE 3 Увеличивает длину очереди 3 на единицу.

QUEUE P10, P1 Увеличивает длину очереди, номер которой задан в параметре P10, на число единиц, заданное в P1.

8.1.3 Блок DEPART

Блок DEPART имеет следующий формат:

DEPART <A>,[]



Блок DEPART служит для уменьшения длины очереди.

В поле A задается номер или имя очереди, длину которой нужно уменьшить. Операнд может быть именем, положительным целым, СЧА или СЧА*<параметр>.

В поле B задается число единиц, на которое уменьшается длина очереди. Это число не должно превышать текущую длину очереди. Если поле B пусто, длина очереди уменьшается на единицу. Операнд может быть именем, положи-

тельным целым, СЧА или СЧА*<параметр>.

Операции, выполняемые при входе сообщения в блок DEPART

Всякий раз, когда сообщение входит в блок DEPART, текущая длина Qj очереди, номер j которой указан в поле A, уменьшается на число единиц, заданное в поле B. Общее число входов в очередь при входе сообщения в блок DEPART не изменяется.

Если длина очереди становится отрицательной, то возникает ошибка выполнения.

В подпрограмме блока DEPART (так же, как и в подпрограмме блока QUEUE) вычисляется длина интервала времени с момента последнего изменения состояния.

Произведение длины интервала на значение длины очереди на этом интервале является приращением временного интеграла. Текущее значение абсолютного условного времени записывается как время последнего изменения длины очереди.

В подпрограмме блока DEPART проверяется значение времени пребывания сообщения в очереди. Если сообщение не было задержано в очереди, т.е. имеет нулевое время задержки, число нулевых входов увеличивается на число единиц, указанное в поле B блока DEPART.

В подпрограмме блока DEPART проверяется, есть ли связанная с данной очередью таблица, описанная оператором QTABLE. Если да, то время пребывания сообщения в очереди заносится в соответствующую таблицу. Это время вычисляется следующим образом:

Время		Текущее значение		Значение времени
пребывания	=	абсолютного	—	в момент входа
в очереди		условного времени		в очередь

Примеры записи блока DEPART:

DEPART 5 Уменьшает длину очереди 5 на единицу.

DEPART 1,Q1 Удаляет из очереди все сообщения.

DEPART V3,V4 Уменьшает длину очереди, номер которой задан в V3, на величину, заданную V4.

8.2 Внутренняя организация системы GPSS

Существует много способов организации работы интерпретаторов программ, непосредственно осуществляющих процесс моделирования. Однако можно выделить общие для всех способов операции. Интерпретатор должен прежде всего определять ближайшее следующее событие, которое должно произойти. После того, как определено следующее событие (или события), интерпретатор должен выполнить ряд проверок, чтобы определить, существуют ли в системе условия для наступления этого события.

Если условия существуют, то интерпретатор переходит к обработке события. В этот момент времени интерпретатор может собирать некоторую статистическую информацию. Эта статистика впоследствии является частью выходных данных, по которым можно судить о работе моделируемой системы. Этот основной цикл (выявление ближайшего следующего события и его обработка) повторяется столько раз, сколько нужно для завершения моделирования. По окончании моделирования интерпретатор выполняет дополнительную статистическую обработку информации, накопленной в процессе моделирования.

Из сказанного выше ясно, что основной задачей, которую выполняет интерпретатор, является просмотр возможных событий. Этот просмотр должен быть организован так, чтобы затрачиваемое на него время было минимальным.

Необходимо также рассмотреть вопрос об изменении условного времени. Существует два способа изменения времени, и выбор одного из этих способов влияет на организацию просмотра событий.

При первом способе значение времени изменяется с постоянным приращением в одну единицу. В этом случае целью просмотра является выяснение того, должны ли произойти в данный момент какие-либо события. Если таких событий нет, то значение условного времени изменяется постоянным прираще-

нием в одну единицу до тех пор, пока время наступления события не совпадет со значением условного времени.

При втором способе значение условного времени заменяется на время наступления следующего события. В этом случае нужны два просмотра: первый для определения следующего значения условного времени, и второй для выявления всех событий, которые могут произойти в этот момент.

В случае, когда события распределены во времени не равномерно, как обычно и бывает при исследовании большинства систем, второй из описанных способов с точки зрения затрат машинного времени более выгоден. В GPSS использован именно этот способ.

Если использовать некоторый специальный способ расположения событий в хронологическом порядке, то можно значительно сэкономить машинное время, так как отпадает необходимость каждый раз просматривать весь список событий. При этом следующее ближайшее событие (или события) располагается в начале списка. Однако, если в системе в любой заданный момент времени присутствует много активных событий, перегруппировка информации при упорядочении списка обычно занимает больше времени, чем его просмотр. Это затруднение можно преодолеть, собрав все события вместе, не сортируя их. При этом каждое событие связывается со следующим и предыдущим событиями.

Когда нужно включить в эту последовательность новое событие, список пересматривается, но перемещения всей информации не требуется. Первое и последнее события в этом списке соответствующим образом идентифицируются.

Следующим вопросом, который необходимо учитывать при организации операции просмотра, является возможность наступления нескольких событий в один и тот же момент условного времени. В таком случае необходимо сначала определить, требует ли логика моделируемой системы, чтобы события, происходящие в один и тот же момент времени, были расположены в определенном порядке. Если в моделируемой системе существуют такие логические ограничения, то необходимо просмотреть все события, которые должны произойти в

данный момент времени, и прежде чем приступить к их обработке, определить их относительные приоритеты.

При создании эффективной процедуры просмотра важно также организовать просмотр сообщений, движение которых заблокировано, например сообщений, которые не могут войти в блок SEIZE из-за того, что нужное устройство занято. Простейшим решением является просмотр всех заблокированных сообщений для каждого нового значения условного времени и выбор тех, которые могут произойти в данный момент. Если моделируемая система перегружена, то этот способ с точки зрения затраты машинного времени очень невыгоден, так как каждое сообщение просматривается много раз до того, как выйдет из состояния блокировки.

Если причиной перевода сообщения в состояние блокировки является состояние системы в данный момент времени, то гораздо более эффективен способ обработки, при котором заблокированные по этой причине сообщения вообще не просматриваются до тех пор, пока не произойдет соответствующее изменение состояния системы. Такой способ может быть реализован, например, путем регистрации для каждой единицы оборудования тех сообщений, движение которых заблокировано из-за состояния в данный момент именно этой единицы оборудования. В момент, когда программа изменяет состояние этой единицы оборудования, она должна сразу же просмотреть сообщения, ожидающие этого изменения, и возобновить эту обработку.

8.3 Списки транзактов

В GPSS сообщения хранятся в списках. Всего имеется 5 типов списков, и сообщение в любой момент времени может находиться в одном из списков. В списке текущих событий находятся сообщения, соответствующие событиям, время наступления которых меньше (сообщения, которые должны были начать двигаться в некоторый момент в прошлом, но были заблокированы) или равно текущему времени.

Список будущих событий содержит сообщения, соответствующие событиям, время наступления которых больше текущего времени, т.е. событиям, которые должны произойти в будущем. Соответствующие этим событиям сообщения находятся в блоках, задающих время наступления события явным образом, например, в блоках ADVANCE и GENERATE.

Список прерываний содержит те отдельные сообщения, обслуживание которых соответствующими устройствами было прервано, а также те, которые вызвали прерывание. Список синхронизируемых сообщений содержит сообщения, находящиеся в данный момент в состоянии сравнения. Список пользователя содержит сообщения, удаленные пользователем из списка текущих событий и помещенные в список пользователя как временно неактивные.

Список текущих событий

В списке текущих событий сообщения расположены в порядке убывания приоритета (т.е. сообщения с более высокими приоритетами расположены ближе к началу списка); внутри класса сообщений с одинаковыми приоритетами сообщения располагаются в порядке поступления их в список. Каждое сообщение в списке текущих событий может находиться либо в активном состоянии (т.е. просматриваться в данный момент условного времени), либо в состоянии задержки.

Если сообщение находится в активном состоянии, то процедура, осуществляющая просмотр, пытается продвигать эти сообщения к следующим блокам. Если движение сообщения блокируется каким-либо оборудованием, то вход в следующий блок выполнить невозможно, и сообщение переводится в состояние задержки.

Сообщения в таком состоянии игнорируются процедурой просмотра и помещаются в соответствующий список задержки.

Списки задержки представляют собой списки сообщений, ожидающих изменения состояния оборудования. Все эти виды списков задержки перечислены ниже.

Устройства. Устройство занято, устройство свободно, устройство об-

служивает прерывание, устройство работает без прерываний, устройство доступно, устройство недоступно.

Многоканальные устройства. Устройство заполнено, устройство не заполнено, устройство пусто, устройство не пусто, сообщение может войти в устройство, устройство доступно, устройство недоступно.

Логические переключатели. Логический переключатель установлен, логический переключатель сброшен.

Таким образом, заблокированное сообщение (например, в блоке SEIZE из-за занятости устройства) будет переведено в состояние задержки и помещено в список задержки "устройство занято" для данного устройства. Позже, когда другое сообщение освободит устройство, все сообщения списка задержки "устройство занято" для данного устройства будут переведены в активное состояние, и интерпретатор отметит, что произошло изменение состояния устройства. Как только завершается обработка активного сообщения, запускается процедура просмотра, и все сообщения, которые в результате изменения состояния устройства получили возможность двигаться, будут продвинуты.

То же происходит с любым из перечисленных выше списков задержки в момент, когда осуществляется соответствующее изменение состояния оборудования. Таким образом, интерпретатор не пытается продвинуть сообщение, заблокированное из-за состояния оборудования, он ожидает изменения состояния оборудования.

Такой способ обработки заблокированных сообщений дает значительную экономию машинного времени.

Пользователю следует учитывать, что для сообщений, заблокированных в блоке TEST или пытающихся выйти из блока TRANSFER (в режимах ALL, BOTH), списков задержки не существует. В этих случаях сообщения остаются в активном состоянии в списке текущих событий и участвуют во всех просмотрах.

Список будущих событий

Список будущих событий содержит сообщения, у которых намеченное

время начала движения больше, чем текущее время. Эти сообщения размещаются в списке строго в порядке возрастания времени начала движения, т.е. сообщение, время начала движения которого является ближайшим к значению текущего времени, стоит в списке первым, а сообщение с максимальным временем начала движения – последним. Приоритеты сообщений не влияют на порядок сообщений в этом списке.

Списки пользователя

Списки пользователя представляют собой списки сообщений, удаленных пользователем из списка текущих событий при помощи блока LINK.

Списки прерываний

Списки прерываний содержат сообщения, обслуживание которых прервано на одном или более устройствах.

Сообщения в списках прерываний расположены в порядке поступления. Эти списки никогда не обрабатываются как списковые структуры (имеется ввиду изменение адресов сообщений при вставке в середину списка); сообщения по мере надобности заносятся в эти списки и извлекаются из них. Все сообщения, захватившие устройства (пройдя блок SEIZE) и прерванные другими сообщениями (прошедшими блок PREEMPT), помещаются в эти списки до тех пор, пока не сняты все условия прерывания. Если условия прерывания не снимаются, сообщение может оставаться в списке прерываний неопределенно долго.

Списки синхронизируемых сообщений

Списки синхронизируемых сообщений содержат сообщения, которые:

– ожидают в блоках ASSEMBLE или GATHER прихода заданного числа сообщений из того же семейства;

– находятся в блоках MATCH в ожидании поступления сообщения из того же семейства на сопряженный блок MATCH.

Эти списки также никогда не обрабатываются как списковые структуры и представляют собой поднаборы набора сообщений системы.

8.3.1 Общая внутренняя последовательность событий

Теперь, после краткого рассмотрения организации ожидания сообщениями обслуживания, можно рассмотреть общую внутреннюю последовательность событий. Эти события могут быть разбиты на три фазы: "изменение значения условного времени", "просмотр списка текущих событий", "движение сообщений".

Изменение значения условного времени

Предположим, что интерпретатор уже обслужил все события, которые должны были произойти в данный момент времени. Далее интерпретатор должен увеличить значение условного времени так, чтобы оно стало равным времени наступления ближайшего события в будущем. Поскольку в списке будущих событий сообщения расположены в порядке возрастания времени наступления, новое значение условного времени равно времени наступления первого события из списка будущих событий (каждому из сообщений в списке событий соответствует свое время наступления события).

Таким образом, интерпретатор устанавливает значение условного времени равным времени наступления события для первого сообщения из списка будущих событий. Это сообщение передается на обработку в список текущих событий. В этот момент фактически и происходит изменение условного времени. Однако интерпретатор должен проверить, нет ли еще других событий, которые должны произойти в тот момент условного времени. Для этого интерпретатор проверяет время наступления события для следующего события из списка будущих событий.

Если время наступления события для следующего сообщения также равно новому значению текущего времени, то это сообщение также переводится на обработку в список текущих событий, а интерпретатор переходит к анализу времени наступления события для следующего сообщения из списка будущих событий.

Этот процесс продолжается до тех пор, пока в списке будущих событий

не окажется сообщение, для которого время наступления события больше, чем текущее значение условного времени, или пока в списке будущих событий не останется ни одного сообщения. Завершение просмотра сообщений из списка будущих событий указывает на то, что все сообщения, которые нужно обработать в данный момент условного времени, переведены в список текущих событий.

Просмотр списка текущих событий

Выбрав все нужные сообщения из списка будущих событий, интерпретатор начинает просматривать список текущих событий. При этом интерпретатор пытается продвинуть все сообщения, находящиеся в активном состоянии в списке текущих событий, и изменить соответствующим образом состояние модели.

Прежде всего устанавливается в 0 "флаг изменения состояния". Этот флаг показывает, произошло или не произошло изменение состояния какой-либо единицы оборудования в данный момент времени. Так как в начале обработки событий, относящихся к новому значению условного времени, никакие изменения в состоянии оборудования произойти еще не могли, флаг устанавливается в 0. Затем процедура просмотра выбирает первое сообщение из списка текущих событий и проверяет, установлен ли в 0 индикатор просмотра данного сообщения.

Индикатор просмотра показывает, в каком состоянии находится данное сообщение: в активном или в состоянии задержки. Если сообщение находится в активном состоянии, то интерпретатор пытается продвинуть его на столько блоков, на сколько возможно, пока не встретятся блоки, содержащие блокирующие условия или явно заданную задержку во времени. Если же сообщение находится в состоянии задержки из-за того, что движение сообщения заблокировано состоянием оборудования (т.е. сообщение находится в списке задержки), или в случае, когда интерпретатор закончил продвижение сообщения, обслуживается следующее сообщение из списка текущих событий.

Интерпретатор продолжает действовать таким образом до тех пор, пока

не просмотрит весь список. К этому времени все события, относящиеся к данному моменту условного времени, уже обработаны, и после этого наступает фаза изменения значения условного времени.

Продвижение сообщений

Как было сказано выше, если сообщение в списке текущих событий находится в активном состоянии, интерпретатор пытается его продвинуть. Если сообщение может двигаться, интерпретатор его двигает и выполняет операции, соответствующие проходимому сообщением блоку. После этого интерпретатор определяет, не относится ли блок, в который вошло сообщение, к специальному типу BUFFER. Если да, то интерпретатор немедленно прекращает обработку сообщения и начинает просмотр с начала списка текущих событий.

Если блок, в который вошло сообщение, не является блоком типа BUFFER, интерпретатор проверяет, не произошло ли при выполнении предыдущего блока изменение состояния оборудования. Если изменение произошло, интерпретатор устанавливает в 1 флаг изменения состояния, устанавливает в 0 индикаторы просмотра для всех сообщений, находящихся в списке задержки, связанном с соответствующей единицей оборудования.

Если в выполняемом блоке не задана явным образом задержка сообщения, интерпретатор сразу же пытается продвинуть сообщение через следующий блок. Этот процесс продолжается до тех пор, пока сообщение не получает отказ при попытке войти в блок, не встречается блок ADVANCE с заданной явно задержкой во времени или не уничтожается блоком TERMINATE или ASSEMBLE.

Если движение сообщения блокируется из-за состояния оборудования, то индикатор просмотра для этого сообщения устанавливается в 1; это означает, что сообщение перешло в состояние задержки. Сообщение помещается в соответствующий список задержки, и затем интерпретатор определяет, произошло ли изменение состояния оборудования во время обработки этого сообщения. Если движение сообщения прекращено из-за заданной для него задержки во времени, оно помещается в список будущих событий, и затем интерпретатор

также проверяет, не изменилось ли состояние оборудования.

Если при обслуживании текущего активного сообщения произошло изменение состояния оборудования, просмотр начинается сначала, и снова обслуживаются все сообщения списка текущих событий, находящиеся в активном состоянии. Если изменение состояния оборудования не происходило, интерпретатор снова обращается к списку текущих событий и проверяет, остались ли в нем сообщения, которые нужно обработать.

Описанная выше последовательность событий происходит для каждого нового момента условного времени до тех пор, пока счетчик завершения моделирования не станет равным 0; по выполнении этого условия моделирование прекращается.

8.4 Контрольные вопросы

1. Для чего в GPSS используются объекты типа "очередь"?
2. Какие блоки используются для организации очереди?
3. В чем заключается основной цикл моделирования в GPSS?
4. Какой способ приращения времени моделирования используется в GPSS?
5. Какие типы списков сообщений есть в системе GPSS?
6. На какие фазы можно разбить события?