

## ТИРАЖИРОВАНИЕ НЕЗАВИСИМЫХ СЕГМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЙ СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ OPENGPSS

Д.Г. Диденко

*Национальный Технический Университет Украины "Киевский Политехнический Институт", Украина*

Вычислительный эксперимент (ВЭ) – этап имитационного моделирования, во время которого проводятся прогоны уже построенной имитационной модели на компьютере, и изучается поведение модели при подачи различных входных параметров.

В распределенной [1] дискретно-событийной системе имитационного моделирования [2, 3] OpenGPSS [4] используется язык имитационного моделирования GPSS [5], который содержит команды управления ВЭ:

- START - команда запуска ВЭ;
- RESULT - заносит результаты моделирования в буфер результатов, для сохранения значений во временный буфер для последующего анализа;
- CLEAR - сбрасывает всю накопленную статистику, удаляет все сообщения из модели и т.п.

### 1. Сегменты вычислительного эксперимента

*Сегмент вычислительного эксперимента* (СВЭ) – последовательность команд начиная с команды START и заканчивая командой перед следующей командой START или концом программы.

*Зависимые сегменты вычислительного эксперимента* – это такие СВЭ, данные в которых зависят от предыстории состояний системы (Рис.1.).

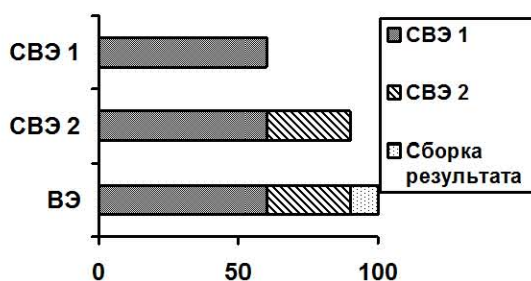


Рис.1. Зависимые сегменты вычислительного эксперимента

Команда CLEAR выполняет следующие действия в системе:

- количество вхождений в устройства, МКУ, очереди и таблицы становится равным 0;
- устройства и МКУ становятся свободными и доступными;
- все транзакты удаляются из модели;
- обнуляется количество копий транзактов в ансамблях системное время устанавливается в 0;
- содержимое всех сохраняемых величин, матриц, таблиц устанавливается в 0;
- логические переключатели сбрасываются;
- временные интегралы устройств, многоканальных устройств, очередей и списков пользователя устанавливаются в ноль;
- состояние датчиков случайных чисел (ДСЧ) не изменяется;
- все генераторы становятся активными, сбрасываются счетчики транзактов и следующее время генерации;
- у всех списков пользователя индикаторы устанавливаются в 0;
- временные метки в устройствах, МКУ, очередях обнуляются;
- текущая и максимальная длины очередей обнуляются;
- из всех числовых групп удаляются все значения;
- максимальная занятая емкость МКУ устанавливается в ноль.

В GPSS-программе можно несколько раз подряд использовать команду START, для получения промежуточных результатов моделирования:

100	START 1	СВЭ 1	СВЭ 2
110	RESULT 2,V\$WORKER		
120	START 1		
130	RESULT 2,V\$WORKER		

В другом случае, для повышения статистической значимости результатов, используется вышеописанная команда CLEAR:

100	START 1	СВЭ 1	СВЭ 2
110	RESULT 2,V\$WORKER		
115	CLEAR		
130	START 1		
140	RESULT 2,V\$WORKER		

В приведенном примере, СВЭ 2 зависит от СВЭ 1, потому что команда CLEAR не сбрасывает состояния ДСЧ.

*Независимые сегменты вычислительного эксперимента* – это такие СВЭ, которые не зависят от предыстории состояния системы (рис.2.).

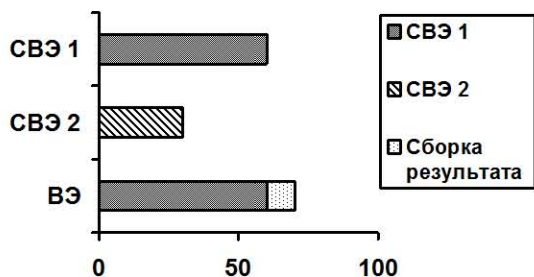


Рис.2. Независимые сегменты вычислительного эксперимента

После срабатывания команды CLEAR вся система, кроме ДСЧ, находится в начальном состоянии. С помощью команды RMULT устанавливаются начальные состояния множителей для семи ДСЧ. Поэтому последовательность команд CLEAR, RMULT заставляет систему “забыть” свое предыдущее состояние. Наличие последовательности команд START, CLEAR, RMULT позволяет выделить независимые СВЭ.

В дальнейшем мы будем рассматривать только независимые сегменты моделирования, потому что мы работаем с распределенной системой имитационного моделирования.

В GPSS-программе независимый СВЭ выглядит

следующим образом:

100	START 1	СВЭ 1	СВЭ 2
110	RESULT 2,V\$WORKER		
115	CLEAR		
120	RMULT 10, 7, 14, , , 8	СВЭ 1	
130	START 1		
140	RESULT 2,V\$WORKER		

СВЭ 1 – независим, потому что это первый СВЭ и его выполнение ни от чего не зависит; СВЭ 2 – независим, потому что используются команды CLEAR-RMULT. Из примера видно, что все ДСЧ, которые использовались ранее обязательно должны быть переинициализированы командой RMULT.

### 2. Тиражирование и сборка результатов

Из определения СВЭ следует, что ВЭ состоит из последовательности зависимых СВЭ и множества независимых СВЭ. Именно наличие независимых СВЭ позволяет проводить *тиражирование* – одновременное выполнение независимых СВЭ на разных узлах кластера имитационного моделирования, с дальнейшим объединением результатов.

Система OpenGPSS автоматически выделяет НСВЭ. После запуска GPSS-модели компилятор [6] переводит GPSS-текст во внутренний формат и агент [7] репликации AgRep копирует модель на другие узлы. В кластере отсутствует централизованное управление запуском СВЭ, поэтому каждый узел случайным образом определяет СВЭ из множества еще необработанных. Агент репликации AgRep периодически копирует [8, 9] таблицы результатов REPORT и REPORT\_DETAIL на другие узлы, а потом осуществляет *сборку результатов* – объединение результатов всех СВЭ, выполнение анализа результатов и остановка системы моделирования:

100	START 1	СВЭ 1	СВЭ 2
110	RESULT 2,V\$WORKER		
115	CLEAR		
120	RMULT 10, 7, 14, , , 8	СВЭ 1	
130	START 1		
140	RESULT 2,V\$WORKER		
150	ANOVA	Сборка результатов	

### 3. Выводы

Дискретно-событийная система имитационного моделирования OpenGPSS полностью поддерживает тиражирование в три этапа: выделение независимых сегментов, одновременное выполнение сегментов моделирования на узлах кластера и сборка результатов. Тиражирование выполняется с учетом надежности и приводит к повышению производительности системы в целом.

### Литература

1. Таненбаум Э., Стеен ван М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. – 877с.
2. Воеводин В. В., Воеводин В. В. Параллельные вычисления. Научное издание. – СПб.: BHV.
3. Richard M. Fujimoto. Parallel And Distributed Simulation Systems. Wiley, 2000.
4. Киевский Центр Имитационного Моделирования. <http://www.simulation.kiev.ua>
5. Шрайбер Томас Дж. Моделирование с использованием GPSS. – М.: Машиностроение, 1980.
6. Ахо Альфред, Сети Рави, Ульман Джеффри. Компиляторы: принципы, технологии, инструменты": Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 768 с.
7. Wooldridge M., Jennings R. Intelligent Agents: Theory and Practice. Knowledge Engineering Review, Jan 1995.
8. Кайт Том. Oracle для профессионалов. Книга 2. Расширение возможностей и защита: Пер. с англ. – М.: ДиасофтЮП, 2003. – 848 с.
9. Кайт Том. Oracle для профессионалов. Книга 1. Архитектура и основные особенности: Пер. с англ. – М.: ДиасофтЮП, 2003. – 672 с.