

## ОТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ GPSS\WORLD К РАСПРЕДЕЛЁННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В OPENGPSS.

Д. Г. Диденко (Киев, Украина)

Имитационное моделирование – один из важных методов анализа различных сложных систем. Сегодня вместе с ростом производительности и стоимости современных компьютерных систем возникают новые требования к системам имитационного моделирования – увеличение скорости получения результатов, для чего можно использовать распределённые системы имитационного моделирования, которые рассмотрены в книгах [1, 2]. Существует много реализаций распределённых систем и систем тиражирования экспериментов (например, Triad.Net), но, к сожалению, они не охватывают разработчиков, которые работают с широко распространённым языком имитационного моделирования GPSS [3]. С другой стороны, система GPSS\World [4] использует язык GPSS и имеет большую функциональность, но не может работать в распределённом режиме. Поэтому, исходя из важности повышения скорости моделирования уже построенных GPSS-моделей, была разработана новая распределённая дискретно-событийная онлайн-система моделирования OpenGPSS (<http://www.simulation.kiev.ua>). В докладе рассмотрены проблемы перенесения и модификации GPSS-программ из системы GPSS\World в систему OpenGPSS для повышения производительности. Рассматриваемые вопросы начали обсуждаться в [5], но там сравнивалась работа только двух систем имитационного моделирования.

### Последовательное имитационное моделирование

Рассмотрим типовой вычислительный эксперимент на языке GPSS, который моделирует работу одноканальной системы массового обслуживания (СМО) с очередью (табл. 1).

Таблица 1

#### Текст тестовой GPSS-программы

Команды GPSS
GENERATE 10,5
QUEUE QUE1
SEIZE PRIB1
DEPART QUE1
ADVANCE 15,5
RELEASE PRIB1
TERMINATE
GENERATE 5000
TERMINATE 1
START 1

Система OpenGPSS имеет агентную архитектуру [6, 7] и может работать как в простом последовательном режиме (используется только один узел моделирования), так и в распределённом режиме (используется два или больше узлов моделирования), который детально формализован в работе [8] и реализован в [9, 10]. Проведем компьютерные прогоны тестовой GPSS-программы в трёх системах моделирования: GPSS\PC,

GPSS\World и OpenGPSS (табл. 2). Система OpenGPSS в последовательном режиме работает только с одним узлом (табл. 2, 1 узел).

Таблица 2

## Сравнение результатов моделирования

Показатель	Расшифровка	GPSS\PC	GPSS World	OpenGPSS (1 узел)	OpenGPSS (2 узла)*	OpenGPSS (3 узла)*
Модельное время	Модельное время	5000	5000	5000	5000	5000
FR\$PRIB1	Коэффициент использования устройства	997	999	997	998	998
FC\$PRIB1	Число входов в устройство	338	334	331	341	338
FT\$PRIB1	Среднее время использования устройства	14	15	15	14	14
Q\$QUE1	Длина очереди	168	167	161	162	158
QA\$QUE1	Средняя длина очереди	80	81	79	82	77
QM\$QUE1	Максимальная длина очереди	169	167	162	162	159
QC\$QUE1	Общее число входов в очередь	506	502	492	503	506
QZ\$QUE1	Число нулевых входов в очередь	2	1	1	1	1

\* Работа системы моделирования в распределённом режиме, показаны среднеарифметические значения для всех узлов.

После сравнения результатов моделирования делаем вывод, что они немного различны, потому что в каждой системе моделирования используются разные датчики псевдослучайных чисел (ДПЧ).

**Распределённое имитационное моделирование**

Система OpenGPSS использует автоматическое распределение GPSS-программ.

Для того, чтобы система OpenGPSS начала работать в распределённом режиме тиражирования, изменим тестовую GPSS-программу – добавим команды управления имитационным экспериментом и получим модифицированную GPSS-программу (табл. 3). Полный текст используемых GPSS-программ можно найти в [11].

То есть вместо того чтобы запускать программу моделирования много раз, как раньше, будем выполнять компьютерные прогоны с помощью команд управления START, CLEAR и RMULT. Промежуточные результаты статистики для устройства PRIB1 и очереди QUE1 будем сохранять в файле RES.TXT командой WRITE в GPSS\World (аналог команды RESULT в OpenGPSS и GPSS\PC).

Таблица 3

## Текст модифицированной GPSS-программы для GPSS\World

Команды GPSS
GENERATE 10,5
QUEUE QUE1
SEIZE PRIB1
DEPART QUE1
ADVANCE 15,5
RELEASE PRIB1
TERMINATE
GENERATE 5000
OPEN ("RES.TXT"),1,ERROR_BLOCK
WRITE FR\$PRIB1,1,Done
WRITE FC\$PRIB1,1,Done
WRITE FT\$PRIB1,1,Done
WRITE Q\$QUE1,1,Done
WRITE QA\$QUE1,1,Done
WRITE QM\$QUE1,1,Done
WRITE QC\$QUE1,1,Done
WRITE QZ\$QUE1,1,Done
WRITE QT\$QUE1,1,Done
WRITE QX\$QUE1,1,Done
CLOSE ,1,ERROR_BLOCK
TERMINATE 1
ERROR_BLOCK TERMINATE 1
CLEAR
RMULT 1,2,8,5,8,2,8
START 1,NP
CLEAR
RMULT 5,1,6,6,7,1,1
START 1,NP
CLEAR
RMULT 2,2,5,2,8,9,3
START 1

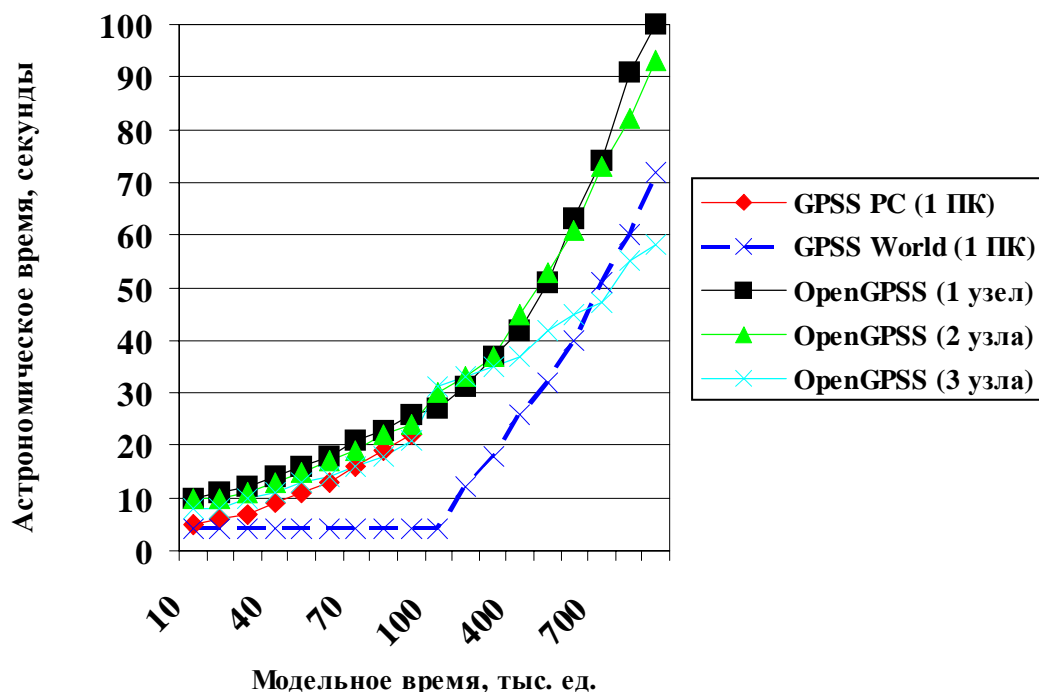
С помощью команды RMULT устанавливаются начальные значения для всех ДПЧ. Команда START запускает вычислительный эксперимент. В GPSS-программе можно несколько раз использовать команду START, для получения промежуточных результатов моделирования. Команда CLEAR очищает всю статистику системы и удаляет все транзакты из модели. После выполнения команды CLEAR вся система, кроме ДПЧ, находится в начальном состоянии. Команда WRITE (RESULT) заносит результаты моделирования во временный буфер результатов, для сохранения значений и последующего анализа.

### Увеличение скорости моделирования

Рассмотрим, как количество транзактов в модели влияет на скорость моделирования, для чего в нашей последней GPSS-программе в строке вместо блока «GENERATE 5000» будем использовать «GENERATE 10000», «GENERATE 200000»...«GENERATE 1000000». Все эксперименты будем проводить для разного количества узлов кластера. Результаты проведения экспериментов показаны на рисунке. По оси абсцисс отложены значения модельного времени, а по оси ординат астрономическое время моделирования в секундах.

Системы моделирования GPSS\PC и GPSS\World последовательные и работают только на одном компьютере. Причем кривая для системы GPSS\PC обрывается из-за того, что рассматриваемая модель с большим количеством транзактов не запускается по причине выдачи ошибки о нехватке памяти (это связано с 16-битностью программы).

Скорость работы системы GPSS\World на начальных участках графика при небольшом количестве транзактов примерно одинакова. Далее, при увеличении транзактов, астрономическое время моделирования резко увеличивается.



### Сравнение скорости моделирования

На работу системы OpenGPSS при последовательном моделировании (используется только один узел) в начале графика сильно влияет наличие накладных расходов для инициации (начала работы) системы – разделение частей моделирования на узлы

кластера. Астрономическое время моделирования для системы с двумя узлами приблизительно такое же, как и для одного узла, потому что GPSS-программа содержит три независимых сегмента (три команды управления START), из-за чего один из узлов вынужден ждать другой узел, пока тот последовательно моделирует два сегмента. Скорость увеличивается, но совсем не в два раза. Тренд, который отображает время для трёх узлов системы моделирования OpenGPSS на модельном времени 1 млн. ед., опережает систему GPSS\World, потому что все три сегмента вычисляются на отдельных узлах.

### Заключение

Системы GPSS\PC, GPSS\World и OpenGPSS на одинаковых GPSS-программах выдают приблизительно одинаковые результаты в последовательном и распределённом режимах проведения эксперимента. Для того чтобы получить более точные результаты, необходимо увеличение числа прогонов модели. Полученные результаты подтверждают возможность прозрачного автоматического разделения эксперимента на независимые части для ускорения процесса моделирования. Скорость моделирования растёт с увеличением количества узлов кластера, что становится заметным при наличии уже трёх узлов. В случае независимых входных экспериментов система работает в режиме тиражирования: сегменты моделирования автоматически разделяются между вычислительными узлами, проводятся параллельные вычисления, а потом собираются результаты. Далее перспективными могут быть исследования оптимизации работы кластера и построения большого кластера из 16–32 вычислительных узлов.

### Литература

1. **Замятина Е. Б.** Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. Пермь: ПГУ, 2007. 119 с.
2. **Richard M. Fujimoto.** Parallel And Distributed Simulation Systems. Wiley, 2000.
3. **Шрайбер Томас Дж.** Моделирование с использованием GPSS. М.: Машиностроение, 1980. 593 с.
4. **Бражник А. Н.** Имитационное моделирование: возможности GPSS WORLD. СПб.: Реноме, 2006. 439 с.
5. **Диденко Д. Г.** Сравнение скорости проведения экспериментов в системах имитационного моделирования OpenGPSS и GPSS/PC // XI Міжнародна науково-технічна конференція "Системний аналіз та інформаційні технології" (CAIT-2009). Київ. 2009. С. 485–486.
6. **Томашевский В. Н., Диденко Д. Г.** Агентная архитектура распределенной дискретно-событийной системы имитационного моделирования OpenGPSS//Системні дослідження та інформаційні технології. 2006. № 4. Київ.: Політехніка, 2006. С. 123–133.
7. **Диденко Д. Г.** Взаимодействие агентов в распределенной дискретно-событийной системе имитационного моделирования OpenGPSS // Третья всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика ИММОД-2007». СПб., 2007. Т. 1. С. 272–276.
8. **Диденко Д. Г.** Тиражирование независимых сегментов вычислительного эксперимента в распределенной дискретно-событийной системе имитационного моделирования OpenGPSS // Друга науково-практична конференція з міжнародною участю "Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС'2007". Київ, 2007. С. 157–160.
9. **Діденко Д. Г.** Реалізація тиражування обчислювального експерименту в розподіленій системі моделювання OpenGPSS // Наукові вісті. Київ, 2007. № 5. С. 49–53.

10. Діденко Д.Г. Реплікація в розподіленій дискретно-подійній системі імітаційного моделювання OpenGPSS // X Міжнародна наукова практична конференція "Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики і освіти. Київ, 2006. С. 135–139.
11. Діденко Д. Г. Особливості переходу від послідовного моделювання у системі GPSS\World до розподіленого моделювання у системі OpenGPSS // IV науково-практична конференція з міжнародною участю "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС"2009". Київ, 2009. С. 197–201.