

ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПТКИ BELSIM ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ¹

А.А. Ковалевич, А.И. Якимов

Аннотация. В статье представлена технология модернизации программно-технологического комплекса имитации сложных систем BelSim для организации распределенных вычислений и результаты исследования ее эффективности

Ключевые слова: программно-технологический комплекс, имитационная модель, генетический алгоритм, распределенные вычисления

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная концепция имитационного моделирования хорошо согласуется с моделью параллельных вычислений MPMD (Multiple Program – Multiple Data) [1]. Во-первых, сложные системы состоят из параллельно функционирующих компонент на разных уровнях иерархической структуры, что приводит к использованию в ИМ множества модулей, одновременно реализующих поведение элементов и подсистем объекта; во-вторых, разнородность элементов и подсистем порождает разнородность применяемых математических схем и, соответственно, разнородность программной реализации модулей ИМ. [2].

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ПТКИ BELSIM

Вычислительные эксперименты с моделями функционирования промышленного предприятия требуют значительных временных затрат. Для сокращения времени проведения экспериментов в ПТКИ реализована возможность прогона модели с использованием ресурсов ЛВС. Для этого используется библиотека MPI функций обмена данными между процессами, реализованными для языка C++. Программным средством реализации MPI является MPICH, обеспечивающая выполнение всех функций MPI в исполнительной среде.

Для реализации MPI-версии в программе Experimenter необходимо внести следующие изменения.

Шаг 1. Добавляются новые переменные для получения информации об активном процессе и о программе Experimenter в целом:

- а) идентификатор номера процесса – MyId;
- б) количество выполняемых процессов – NumProcs;
- в) для определения времени работы программы – Start.

Шаг 2. Для слияния XML файлов с результатами эксперимента добавлена функция mergeXML:

```
void mergeXML(wstring fileNameDist, wstring fileNameSrc, int madeMerge)
```

¹ Работа выполнена в ходе организации самостоятельной работы по дисциплине *Аппаратно-программные комплексы автоматизированных систем обработки информации* на кафедре «Автоматизированные системы управления»

где fileNameDist – путь к файлу, в который будет добавлен файл-источник;
fileNameSrc – путь к файлу-источнику;

madeMerge - количество вызовов функции mergeXML.

В MPI-программе после строк определения переменных следуют три обязательных строки:

```
MPI_Init(&argc,&argv);  
MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD,&NumProcs);  
MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD,&MyId);
```

Обращение к MPI_Init должно быть первым обращением, т. к. оно инициализирует MPI.

Коммуникатор MPI_COMM_WORLD описывает состав процессов и связи между ними. Вызов MPI_Comm_size возвращает в NumProcs число процессов (прогонов модели), задаваемых пользователем в программе. Вызывая MPI_Comm_rank, каждый процесс выясняет свой номер (rank) в группе, связанной с коммуникатором.

Для синхронизации процессов используется функция MPI_Barrier, которая блокирует работу вызвавшего ее процесса до тех пор, пока все другие процессы группы также не вызовут эту функцию. Завершение работы этой функции возможно только всеми процессами одновременно. [3]

Результаты прогонов модели записываются в свой отдельный XML файл. Для слияния результатов эксперимента из отдельных временных XML файлов в одном целевом файле создана функция mergeXML.

Одному из процессов присваивается нулевой идентификатор, и он создает целевой файл. Другие процессы создают временные файлы. Функция mergeXML создает структуру для XML документов docSrc и docDist. Результаты из docSrc добавляются в docDist, который сохраняется как целевой файл с результатами эксперимента.

3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Для оценки эффективности распределенных вычислений принята задача о грузоперевозках [4]. В качестве экспериментальной базы использована локальная вычислительная сеть из трех компьютеров с основными характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальная база для исследования распределенных вычислений в ПТКИ BelSim

| Компьютер | Процессор | ОЗУ, МБ | Сетевая карта | Операционная система |
|-------------------|---------------------------|---------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Compaq Evo N610c | Intel Pentium 4 / 2,0 ГГц | 512 | Ethernet / 100 Мбит/с; TCP/IP | Windows XP Professional (версия 2002) |
| Compaq Evo N620c | Intel Pentium M / 1,4 ГГц | | | |
| HP Compaq nc 6000 | Intel Pentium M / 1,6 ГГц | | | |

Для оценки эффективности проведения эксперимента с распределенными вычислениями определена средняя длительность \bar{t}_i одного прогона в i -м эксперименте по формуле:

$$\bar{t}_i = \frac{\max \langle T_{ij} \rangle}{N_i},$$

где T_{ij} - длительность i -го эксперимента на j -м компьютере; N_i – количество прогонов в i -м эксперименте. Расчеты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты эксперимента с распределенными вычислениями в ПТКИ BelSim

| Количество прогонов | Прогоны на одном РС, с | Прогоны на двух РС, с | Прогоны на трех РС, с | Прогон на одном РС, с | Прогон на двух РС, с | Прогон на трех РС, с |
|---------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 60 | 21,99 | 12,22 | 8,17 | 0,3665 | 0,2135 | 0,1485 |
| | | 12,81 | 8,24 | | | |
| | | - | 8,91 | | | |
| 100 | 35,73 | 19,11 | 13,26 | 0,3573 | 0,1990 | 0,1438 |
| | | 19,90 | 13,34 | | | |
| | | - | 14,38 | | | |
| 200 | 71,69 | 35,94 | 26,18 | 0,3585 | 0,1864 | 0,1404 |
| | | 37,28 | 26,10 | | | |
| | | - | 28,07 | | | |
| 400 | 146,64 | 73,14 | 54,30 | 0,3666 | 0,1907 | 0,1459 |
| | | 76,29 | 54,44 | | | |
| | | - | 58,37 | | | |
| 600 | 227,89 | 108,81 | 79,46 | 0,3798 | 0,1906 | 0,1435 |
| | | 114,38 | 79,61 | | | |
| | | - | 86,12 | | | |

На рисунках 1-2 представлены результаты исследований на одном процессоре.

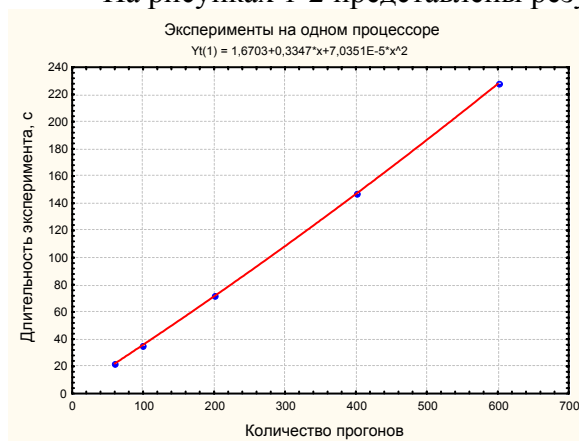


Рис. 1. Длительность эксперимента на одном процессоре

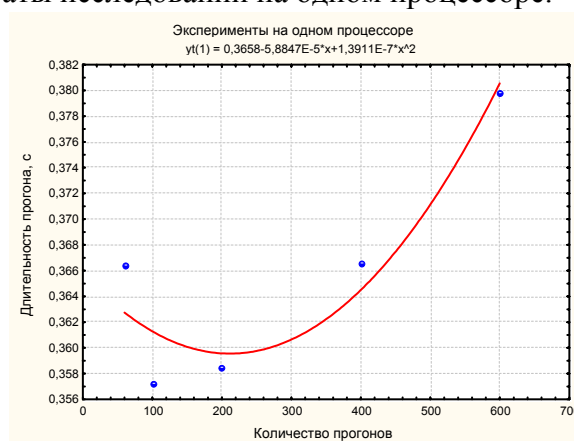


Рис. 2. Длительность одного прогона на одном процессоре

На рисунках 3-4 представлены результаты исследований на трех процессорах.

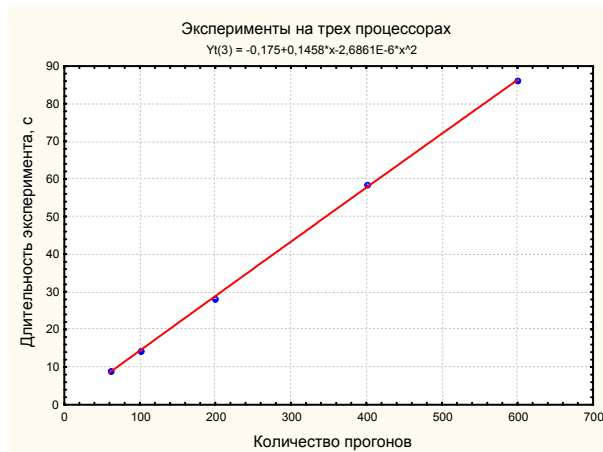


Рис. 3. Длительность эксперимента на трех процессорах

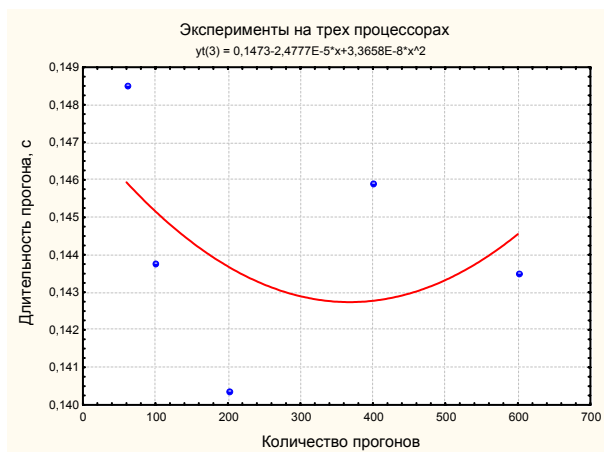


Рис. 4. Длительность одного прогона на трех процессорах

В соответствии с сетевым законом Амдала [3] при общей эффективности вычислений не наблюдается прямо пропорционального снижения длительности экспериментов с увеличением числа используемых компьютеров в сети.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация распределенных вычислений в ПТКИ BelSim позволяет сократить время имитационных экспериментов на трех процессорах почти в три раза. Это создает предпосылки для эффективного проведения имитационных экспериментов со сложными моделями в локальной вычислительной сети.

Литература

1. Шпаковский, Г. И. Программирование многопроцессорных систем в стандарте MPI / Г. И. Шпаковский, Н. В. Серикова. – Мн.: БГУ, 2002. – 323 с.
2. Олзоева, С. И. Особенности автоматизированного распределения вычислительного процесса для имитационного моделирования систем / С. И. Олзоева // Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах: материалы четвертого междунар. науч.-практич. семинара. – Самара, СГАУ, 2004. – С. 210-214.
3. Букатов, А. А. Программирование многопроцессорных вычислительных систем / А. А. Букатов, В. Н. Дацюк, А. И. Жегуло. – Ростов-на-Дону: Издательство ООО «ЦВВР», 2003. – 208 с.
4. Альховик, С. А. Генетический алгоритм в задаче оптимизации плана грузоперевозок / С. А. Альховик, А. В. Сазоненко, А. А. Ковалевич // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины. – 4(37). – 2006. – С. 110-112.

Ковалевич Александр Александрович

Студент электротехнического факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(29) 745-99-08
E-mail: chrystos@tut.by

Якимов Анатолий Иванович

Доцент кафедры Автоматизированные системы управления
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(222) 25-24-47
E-mail: ykm@tut.by