

УДК 004.272.3

Д.В. Надеев (ассистент)

Донецкий национальный технический университет
ndv@cs.dgtu.donetsk.ua

БАЛАНСИРОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ РЕСУРСОВ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

Описана аппаратно-программная и структурная организация средств балансирования загрузки в распределенной параллельной моделирующей среде.

Ключевые слова: распределенная параллельная моделирующая среда, подсистема балансирования загрузки, спецификация параллельной модели

Введение

Одной из задач разработки распределенных параллельных моделирующих сред (РПМС) различного назначения [1-8] является эффективная реализация моделей сложных динамических систем (СДС) на целевых параллельных вычислительных системах. Для решения этой задачи были разработаны средства балансирования загрузки ресурсов РПМС. Рассмотрим их аппаратно-программную и структурную организацию.

Системная организация аппаратно-программных средств РПМС

Распределенная параллельная моделирующая среда (РПМС)[2] (рис. 1) – это новая системная организация аппаратно-программных вычислительных средств моделирования динамических систем, которая должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Дружественность к пользователю, т.е. среда должна иметь стилизованные средства моделирования под определенную отрасль знаний, и должна оградить пользователя от детального изучения аппаратно-программных средств.

2. Высокоинтеллектуальная поддержка пользователя на всех этапах моделирования динамических систем (ДС):

- представление объектов моделирования языковыми средствами, понятными экспертам из определенных научных отраслей (предметных областей);

- топологический анализ структурных представлений моделируемых динамических систем и автоматическое генерирование формального отображения структуры и параметров ДС;
- автоматическое генерирование уравнений ДС на основе данных топологического анализа и преобразование уравнений к формам, пригодным для численного решения;



Рисунок 1 – Структурная организация РИМС

- решение уравнений численными методами;
- визуализация и документирование решений.

3. Возможность моделирования ДС реальной сложности, решение задач реального времени при использовании систем управления динамическими объектами.

4. Современная системная организация с использованием современных информационных технологий.

5. Моделирование динамических систем с сосредоточенными (ДССП) и с распределенными (ДСРП) параметрами на общей методической основе, возможность построения объектно- и проблемно-ориентированных средств моделирования.

Учитывая эти требования, был разработан опытный образец распределенной параллельной моделирующей среды.

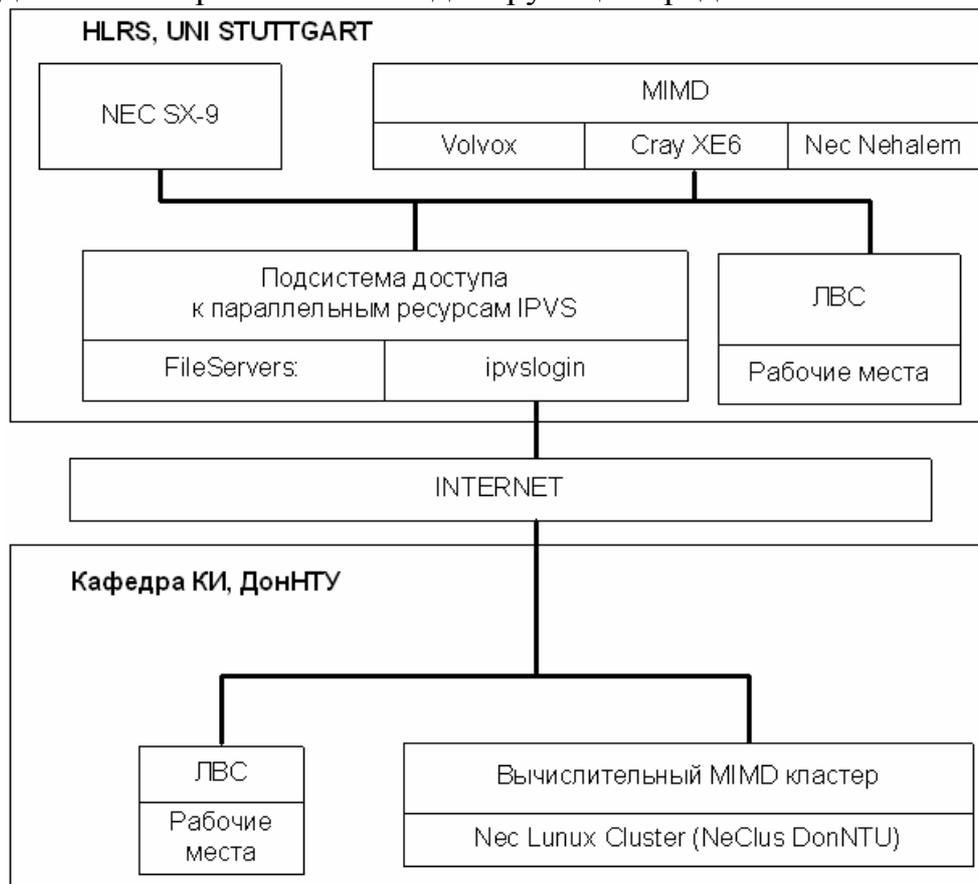


Рисунок 2 – Аппаратная структура экспериментальной версии РПМС

Распределенная параллельная моделирующая среда строится как распределенная вычислительная система (РВС) (рис. 2), вычислительные узлы которой являются параллельными вычислительными системами. К аппаратным средствам РПМС относится совокупность компьютерных систем с большой вычислительной мощностью, периферийных систем и средств коммуникации. При участии автора, был спроектирован параллельный вычислительный MIMD-кластер NeClus с программным обеспечением, позволяющим компилировать и запускать параллельные программы, использующие технологию программирования MPI[10].

Кластер состоит из:

- 1) 93-х вычислительных узлов: Node1 – Node93;
- 2) одного узла управления – Front Node;
- 3) системы коммутации в составе двух гигабитных Ethernet коммутаторов – HP Procurve.

В качестве узла управления и вычислительных узлов используются стоечные 1U системные блоки фирмы NEC – NEC Express 5800 120RE-1 PCI-E.

Программное обеспечение кластера включает:

- операционную систему – Scientific Linux SL release 5.4 (Boron);
- планировщик задач – torque 2.1.10;
- систему управления заданиями PBS;
- MPI-среды окружения: mpich, lam, openmpi.

Процесс доступа и проведения тестовых испытаний РПМС можно разделить на следующую последовательность действий:

- 1) отправка файлов тестового задания на удаленную систему с помощью файлового клиента, использующего протокол доступа ssh: команда scp для unix-подобных систем и программа winscp - для операционных систем windows;
- 2) подключение с рабочего места пользователя к удаленной параллельной вычислительной системе в режиме терминального доступа по протоколу ssh (команда ssh – для unix-подобных систем, программа putty – для операционных систем windows);
- 3) компиляция и запуск тестового задания на удаленной системе (команды: mpicc, mpiun);
- 4) получение результатов в виде файлов данных с помощью программных средств, указанных в пункте 1;
- 5) выход из удаленной системы.

Системная организация средств балансирования загрузки РПМС

В аппаратной структуре РПМС можно выделить три вида основных аппаратных средств: рабочие места пользователей, среда доступа и основной загружаемый ресурс – параллельная вычислительная система (ЦПВС), на которой производится обработка заявки на моделирование – параллельной программы СДС-модели.

Рабочие места пользователей – это персональные ЭВМ, на которых непосредственно формируется заявка на моделирование СДС. Эта заявка проходит путь от рабочего места пользователя к целевой параллельной вычислительной системе через среду доступа - INTERNET, ЛВС и файл-серверы доступа к ресурсам РПМС и обрабатывается на ЦПВС. После обработки результаты моделирования обратно, через среду доступа,

передаються користувачеві. Таким образом, основним завантажуваним ресурсом в РПМС є ЦПВС, а основним джерелом навантаження – робоче місце користувача. Для рішення проблеми балансування навантаження в РПМС запропонована підсистема балансування навантаження (ПБЗ) [9]. Були визначені вимоги до підсистеми і її функції, а також форма заявки користувача в РПМС в вигляді специфікацій паралельних моделей СДС [9].

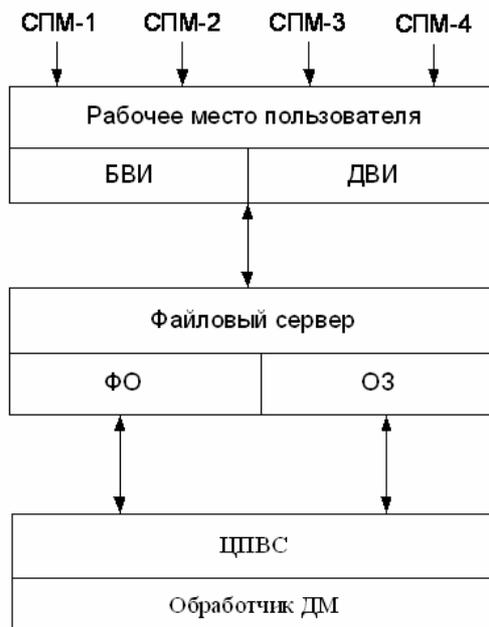


Рисунок 3 – Апаратно-програмна структура ПБЗ

В рамках РПМС розроблені моделі шахтної вентиляційної мережі з концентрованими і розподіленими параметрами в вигляді паралельних МРІ-програм - четверта специфікація паралельної моделі (СПМ-4). Виходячи з функцій і вимог, пред'явлених до підсистеми, типів специфікацій паралельних моделей, пропонується наступна апаратно-програмна структура ПБЗ (рис. 3). Тут підсистема ПБЗ використовує як вхідні дані специфікації паралельних моделей СПМ-1 – СПМ-4 і віртуальну імплементацію паралельної СДС-моделі в вигляді віртуальних процесів. Основними програмними модулями, які пропонується розмістити на робочих місцях користувачів, є балансувальник віртуальної імплементації СДС-моделі (БВИ) і девіртуалізатор віртуальної імплементації (ДВИ) [11]. БВИ об'єднує віртуальні процеси моделі в групи за критеріями рівномірної навантаження ресурсів і мінімального часу виконання. Потім збалансована віртуальна імплементація СДС -моделі передається ДВИ. На виході ДВИ формуються девіртуалізовані моделі СДС в формах, придатних для відправки на виконання в ЦПВС і оптимізовані за критеріями рівномірної навантаження ресурсів і мінімального часу виконання. Ці

модели обрабатываются формирователями очереди (ФО), размещенными на файловом сервере и выбранной ЦПВС. На файловом сервере реализуется также оценщик загрузки (ОЗ) ресурсов РПМС. Оценщик загрузки собирает данные о загрузке ЦПВС как ресурса РПМС и передает проанализированные данные через файловый сервер девиртуализатору виртуальной имплементации (ДВИ) модели СДС, который берет в расчет эти данные при выборе целевой параллельной вычислительной системы. Экспериментальные исследования подтвердили эффективность предложенной системной организации средств балансирования загрузки ресурсов в РПМС[12].

Выводы

Использование программных средств подсистемы балансирования загрузки РПМС привело к повышению качества параллельного моделирования сложных динамических систем. Подсистема балансирования загрузки позволила комплексно решить проблему оптимизации обработки моделей СДС в РПМС по критериям равномерной загрузки ресурсов и минимизации времени выполнения. Внедрение в РПМС подсистемы балансирования загрузки позволило оптимально загружать ресурсы целевых вычислительных систем по критерию равномерного распределения ресурсов и получить минимально возможное время обработки заявки пользователя.

Список литературы

1. Аноприенко А.Я. Высокопроизводительные информационно-моделирующие среды для исследования, разработки и сопровождения сложных динамических систем / Аноприенко А.Я., Святный В.А.: Наукові праці ДонДТУ. Серія "Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем". Випуск 29. – Донецьк, ДонДТУ 2001. – С. 346 – 367.
2. Святный В.А. Розподілене паралельне моделююче середовище / Святный В.А., Солонін О.М., Надєєв Д.В., Степанов І.С., Ротермель К., Цайтц М.: Збірник наукових праць ДонНТУ „Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем”. Вип. 29. – 2001. – С. 229-233.
3. Святный В.А. Проблемы параллельного моделирования складних динамічних систем. Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика кибернетика и вычислительная техника. (ИКВТ-99) выпуск 6. – Донецк, ДонГТУ 1999. – С. 104-113
4. Святный В.А. Проблемы параллельного моделирования сложных динамических систем / Святный В.А., Фельдман Л.П., Чепцов А.А.: Первая международная научно-техническая конференция «Моделирование и компьютерная графика». – Донецк. – 4-7 октября 2005.
5. Svjatnyj V.A. Die Subsysteme einer verteilten parallelen Simulationsumgebung für dynamische Systeme / Svjatnyj V.A., Nadeev D.V., Solonin A.N., Zeitz M., Rothermel K.: Збірник наукових праць ДонНТУ „Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем”. Випуск 78. – 2005. – С. 261-268.

6. Svjatnyj V. Interaktive Modellierung, Simulation und Prozessführung in einer parallelen problemorientierten Simulationsumgebung / Svjatnyj V., Masjuk A., Smagin O., Bungartz H.-J.: In: F.Hülsemann u.a. (Hrsg.). Tagungsband 18. ASIM-Symposium Simulationstechnik Erlangen 2005. – SCS 2005. – С. 742-747.
7. Svjatnyi V.A. Parallele Simulationstechnik / Svjatnyi V.A., Feldman L.P., Lapko V.V., Gilles E.-D., Zeitz M., Reuter A., Rothermel K.: Сборник научных работ ДонГТУ „Проблемы моделирования и автоматизированного проектирования динамических систем”. Вып. 10. – 1999. – С. 9-19.
8. Svjatnyj V.A. Simulationssoftware für eine verteilte parallele Simulationsumgebung für dynamische Systeme / Svjatnyj V.A., Gilles E.-D., Zeitz M., Reuter A., Rothermel K.: Збірник наукових праць ДонНТУ „Проблеми моделювання та автоматизованого проектування динамічних систем”. Вип. 29. – 2001. – С. 12-17.
9. Святный В.А. Подсистема балансирования завантаження ресурсів розподіленого паралельного моделюючого середовища / Святный В.А., Надеев Д.В.: Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. (ИКВТ-02) випуск 39. – Донецьк, ДонНТУ. – 2002. – С. 264-270.
10. Message Passing Interface [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mpi-forum.org/>.
11. Надеев Д.В. Девиртуализация виртуальных параллельных моделей сложных динамических систем по критериям балансирования загрузки. Наукові праці ДонНТУ. Серія “Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем”. Випуск 7(150). – Донецьк, ДонНТУ, 2008. – С. 150-157.
12. Надеев Д.В. Подсистема балансирования загрузки в проблемно-ориентированной распределенной параллельной моделирующей среде. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування» (МАП-2011). Випуск: 9(179) - Донецьк: ДонНТУ. - 2011. – 150-157.

Надійшла до редакції 30.09.2012 р.

Рецензент: д-р.тех.наук,проф. Святный В.А..

Д.В. Надеев

Донецький національний технічний університет

Балансування завантаження ресурсів у розподіленому паралельному моделюючому середовищі. У цій статті описана апаратно-програмна та структурна організація засобів балансуювання завантаження в розподіленому паралельному моделюючому середовищі.

Ключові слова: розподілена паралельна моделююча среда, підсистема балансування завантаження, специфікація паралельної моделі

D.V. Nadyeyev

Donetsk National Technical University

Resources balancing in a distributed parallel environment This article describes the hardware and software and the structural organization of load balancing in distributed parallel simulation environment.

Keywords: distributed parallel simulation environment, subsystem of load balancing, parallel model specification