

МОДЕЛЬ ЗАГРУЗКИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ

Надеев Д.В.

Кафедра ЭВМ ДонНТУ
ndv@donntu.edu.ua

Abstract

Nadyeyev D.V., Load model of a distributed parallel simulation environment (DPSE). This article describes a load model for a distributed parallel simulation environment. Load balancing is represent as a devirtualisation virtual parallel model for complex dynamic system on target parallel computer system.

1. Введение

При моделировании сложных динамических систем [1] в распределенной параллельной моделирующей среде (РПМС[2]) возникла проблема эффективного использования ее ресурсов. Для ее решения была предложена подсистема балансирования загрузки (ПБЗ)[3]. Она должна в конечном итоге обеспечить эффективное использование ресурсов РПМС. Для создания эффективной программно-аппаратной базы РПМС необходимо четкое представление структуры среды. Кроме этого необходимо получать полную информацию о состоянии загрузки ресурсов РПМС на всех этапах, которые проходит модель сложной динамической системы (СДС) за полный цикл моделирования, от подачи заявки до получения результатов. Как показывает практика построения эффективных распределенных вычислительных систем, эта задача наиболее эффективно решается с помощью построения модели загрузки. В данной статье представлен подход к построению модели загрузки РПМС.

Основной идеей модели загрузки РПМС являются следующие два аспекта. Первый – введение понятия виртуальной параллельной модели сложной динамической системы (ВПМ), что позволит разрабатывать параллельные модели СДС, ориентируясь на виртуальную параллельную машину, без учета параметров реальной параллельной вычислительной системы. Второй – введение метода девиртуализации виртуальной параллельной модели СДС на целевую параллельную вычислительную систему.

2. Структура модели загрузки

Основной задачей при построении средств балансирования загрузки в распределенных вычислительных системах является построение модели загрузки. В настоящее время известны попытки построения этих моделей [3, 4].

Определение 1. Под моделью загрузки распределенной параллельной моделирующей среды будем понимать формально-вербальное описание среды с позиции балансирования загрузки.

Построение модели загрузки должно выполняться на основе общей методики с учетом особенностей формального описания СДС, выбранной спецификации параллельной модели, а также аппаратно-программной структуры распределенной моделирующей среды.

Загрузку РПМС можно разделить на два уровня. На верхнем уровне заявки на моделирование рассматриваются как неделимые конструктивы, для которых необходимо определить вид ресурса для обработки заявки. В данном случае речь идет о том, какую параллельную вычислительную систему выделить. На нижнем уровне заявка рассматривается в виде программы, состоящей из множества параллельно работающих процессов. Ставится задача эффективного размещения процессов на целевую параллельную вычислительную систему.

Предлагается следующая структура модели загрузки РПМС (рис. 1):

1. Описание режима работы среды. Будем считать режим работы среды многопрограммным, т.к. в одно и то же время в системе могут обрабатываться несколько заявок, посланных разными пользователями. При этом заявка обрабатывается только на одном вычислительном узле РПМС (под вычислительными узлами понимаются параллельные вычислительные системы, входящие в РПМС), т.е. процессы одной заявки (программы) не могут быть распределены на другие вычислительные узлы. При этом множество процессоров обрабатывает одну программу (имплементацию модели динамической системы) и не совмещает свои вычислительные ресурсы с другими программами. Из вышесказанного следует, что заявка (программа) распределяется на имеющееся количество свободных процессоров в выбранной целевой параллельной вычислительной системе.

2. Описание динамики загрузки. Загрузка стохастическая. Заранее неизвестно, в какое время и когда придет заявка от пользователя на моделирование. Поток заявок можно представить в виде случайной последовательности.

3. Подход к балансированию загрузки. Предлагается выбрать централизованный подход к балансированию загрузки, т.е. в среде

использовать только один диспетчер распределения заявок между

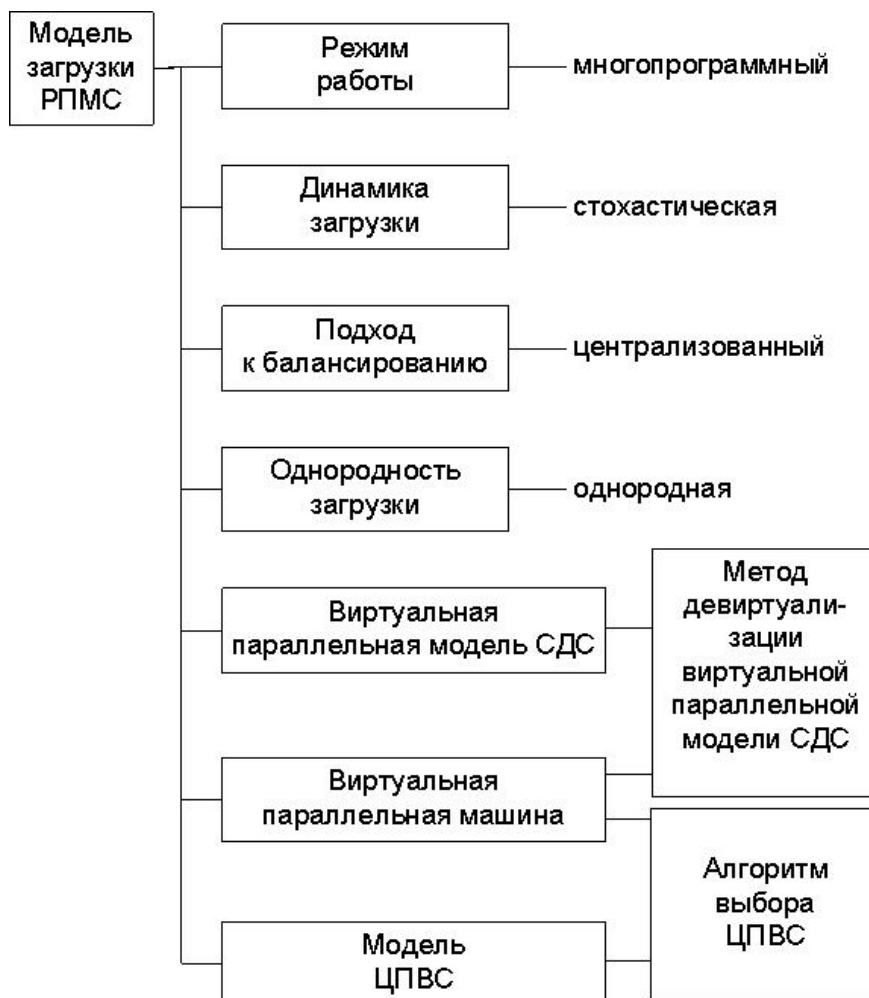


Рис. 1 - Структура модели загрузки РПМС

целевыми параллельными вычислительными системами.

4. Однородность загрузки. Загрузку будем считать однородной, так как заявка на моделирование в виде спецификаций параллельных моделей СДС представляется виртуальной параллельной моделью, которая имеет определенное формальное описание, не зависящее от вида спецификации. Определение спецификации дано ниже.

5. Виртуальная параллельная модель СДС.

6. Метод девиртуализации виртуальной параллельной модели СДС на виртуальную параллельную машину.

7. Алгоритм выбора целевой параллельной вычислительной системы (ресурса).

8. Модель целевой параллельной вычислительной системы (ЦПВС).

3. Виртуальная параллельная модель СДС

Виртуальная параллельная модель строится на основе спецификации параллельной модели СДС.

Определение 2. Спецификация параллельной модели (СПМ) динамической системы – это формально-вербальное описание динамической системы, включающее описание топологии динамической системы, математическое описание динамики процессов и имплементированные методы параллельного решения математических зависимостей. Математическое описание динамики процессов представляет собой системы алгебро-дифференциальных уравнений.

Для того чтобы определить понятие виртуальной параллельной модели динамической системы, рассмотрим этапы подготовки программной модели динамической системы (рис. 2). Из этой структуры

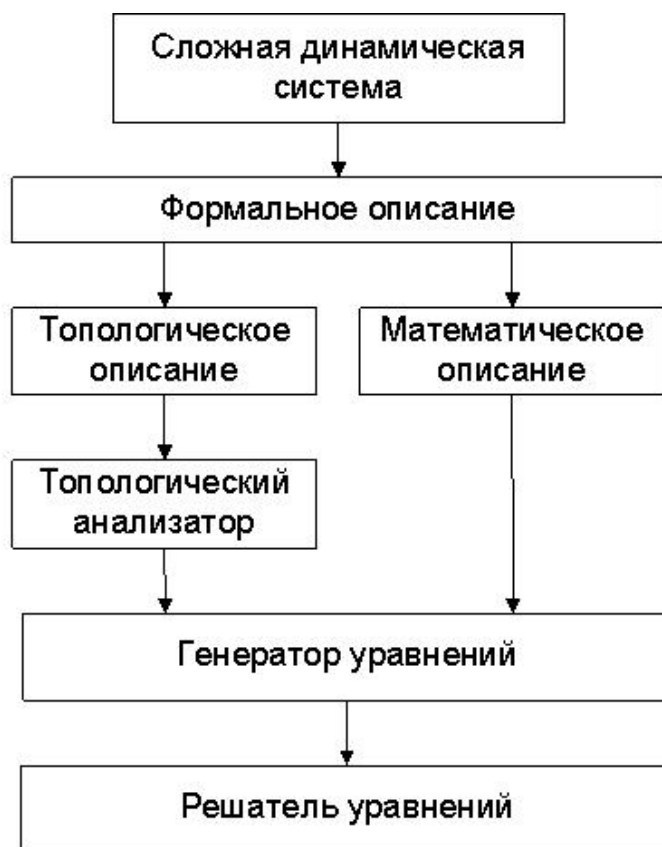


Рис. 2 – Этапы подготовки модели СДС

видно, что программная модель СДС состоит из трех программных реализаций: топологический анализатор, генератор уравнений и решатель уравнений. При этом можно выделить два основных этапа: подготовительный этап, к которому относятся топологический анализатор и генератор уравнений, и этап непосредственного моделирования – решатель уравнений. Опыт моделирования сложных динамических систем

показывает, что в большинстве случаев наиболее трудоемким является второй этап, т.е. время решения уравнений значительно превышает время, потраченное на топологический анализ и генерирование уравнений. В связи с этим предлагается распараллеливать только решатель уравнений. Получается следующее распределение этапов моделирования сложных динамических систем по ресурсам распределенной параллельной моделирующей среды (рис. 3).



Рис. 3 - Распределение этапов моделирования сложных динамических систем по ресурсам РПМС

Из этого распределения видно, что заявка от пользователя, поданная в виде спецификации, разделяется на три программные реализации: топологический анализатор, генератор уравнений и параллельный решатель уравнений. Так как основными загружаемыми ресурсами распределенной моделирующей среды являются параллельные вычислительные системы, то заявку от пользователя на моделирование можно определить как параллельную программу, реализующую решатель уравнений. Для распределения ресурсов необходимо иметь в наличии описание заявки и знать ее параметры. Предлагается описать заявку на моделирование в виде виртуальной параллельной модели сложной динамической системы.

Определение 3. Виртуальная параллельная модель (ВПМ) сложной динамической системы – это параллельная программная реализация решателя уравнений в коде параллельной виртуальной машины, представленная в виде параллельно работающих независимых виртуальных процессов и коммуникационного графа (рис. 4).

Виртуальная модель состоит из виртуальных процессов – T_i и T -графа – графа коммуникационных связей между процессами.

В соответствии с теорией моделирования динамических систем и теорией численных методов решения различных систем уравнений [6, 7, 8], создание решателей уравнений основано на замене непрерывной переменной времени t множеством ее дискретных значений, путем разбиения временного промежутка моделирования на N частей.

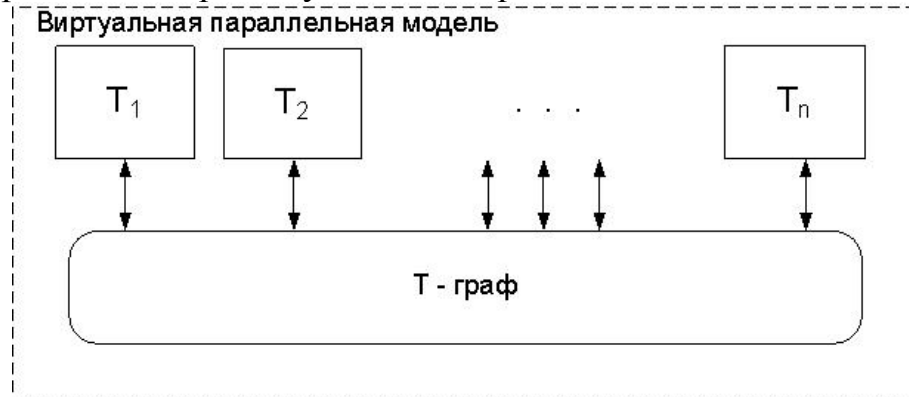


Рис. 4 - Виртуальная параллельная модель сложной динамической системы

$$t_{i+1} = t_i + h, (0 \leq t \leq T, h = T / N) \quad (1)$$

где i – шаг моделирования,
 T – время моделирования,
 h – шаг численного решения.

При этом решатели уравнений используют следующую идею: на основе значений параметров, описывающих динамическую систему на текущем шаге моделирования, по определенным формулам вычисляются значения параметров, описывающих систему для следующего дискретного значения времени. Алгоритм распараллеливания модели производим по MIMD-методам, а это означает, что вычисляемые параметры распределяются по отдельным параллельно работающим виртуальным процессам. Как правило, вычисление одних параметров динамической системы зависит от других. Эти параметры могут находиться на разных процессорах, и тогда возникает необходимость обмена величинами, которые характеризуют эти параметры, между виртуальными процессами. Опираясь на выше изложенное, можно представить функционирование решателя уравнений (виртуальной параллельной модели) в виде рис. 5 и дать определение виртуального процесса.



Рис. 5 – Функционирование виртуальной параллельной модели на каждом шаге моделирования

Определение 4. Под виртуальным процессом (рис. 6) будем понимать алгоритм реализации функциональной зависимости вектора выходных переменных (\bar{Y}) от вектора входных переменных (\bar{X}) и от переменной времени t .

$$\bar{Y} = f(\bar{X}, t) \quad (2)$$

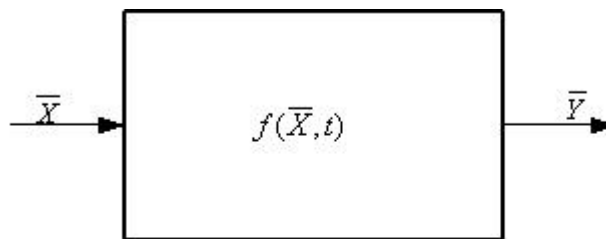


Рис. 6 - Виртуальный процесс - T₁

Виртуальную параллельную модель должны формировать средства параллельного моделирования и программирования, входящие в РПМС. Вид спецификации [3] определяет, какое средство моделирования должно строить виртуальную модель. Для СПМ-1 виртуальная модель строится средствами параллельного объектно-ориентированного языка моделирования (ПООЯМ); для СПМ-2 - средствами параллельного блочно-ориентированного языка моделирования (ПБОЯМ); для СПМ-3 – средствами параллельного уравнение-ориентированного языка моделирования (ПУОЯМ); для СПМ-4 – средствами языка параллельного программирования (ЯПП).

Предлагается ввести в структуру РПМС виртуальную параллельную машину. Ее наличие позволит пользователям не задумываться о том, под какую параллельную вычислительную машину разрабатывать модели СДС. Т.е. реальные параллельные ресурсы, входящие в РПМС будут скрыты от пользователей.

Определение 5. Под виртуальной параллельной машиной будем понимать абстрактную параллельную вычислительную машину с MIMD-архитектурой, состоящую из неограниченного количества виртуальных процессоров, которые соединены между собой многомерной решеткой размерности, равной количеству виртуальных процессоров, со своим набором инструкций и областями памяти.

С позиции балансирования загрузки среды предлагается следующая модернизированная аппаратно-программная структура РПМС (рис. 7).



Рис. 7 - Модернизированная аппаратно-программная структура РПМС

В данное время ведутся разработки средств параллельного моделирования и программирования. Поэтому можно выдвинуть первое требование к разработчикам системно-программных средств РПМС – параллельные языки моделирования и программирования, входящие в состав РПМС, должны на основе спецификаций параллельных моделей динамических

систем формировать виртуальные параллельные модели динамических систем. Для непосредственного выполнения виртуальной параллельной модели на целевой параллельной вычислительной системе (ЦПВС), необходимо включить в состав программных средств ЦПВС транслятор виртуальной параллельной модели (ТВПМ). Транслятор предназначен для преобразования виртуальной параллельной модели в программный код целевой параллельной вычислительной системы. Есть вариант в состав рабочего места также включить транслятор ВПМ, что даст возможность отлаживать модель на рабочем месте пользователя. Отсюда выходит второе требование к разработчикам – каждая ЦПВС, входящая в РПМС и рабочие места пользователей должны иметь в составе системно-программных средств транслятор виртуальной параллельной модели.

4. Выводы

Предложенная модель обеспечивает создание эффективных программных средств балансирования загрузки ресурсов распределенной параллельной моделирующей среды. Она позволяет оценить загрузку ресурсов среды на всех этапах подготовки моделей сложных динамических систем и их моделирования. Использование всех компонентов модели загрузки приведет к повышению качества параллельного моделирования динамических систем. Этого предлагается достигнуть методом девиртуализации виртуальной параллельной модели и алгоритмом выбора целевой параллельной вычислительной системы. Дальнейшая научно-практическая работа будет направлена на их разработку и исследование. На ряду с этим, предложенная модернизированная аппаратно-программная структура РПМС позволит перейти к созданию ее версии, включающей в себя средства балансирования загрузки.

5. Литература

1. Святний В.А. Проблеми паралельного моделювання складних динамічних систем. Научные труды Донецкого технического государственного университета. Серия: Информатика кибернетика и вычислительная техника. Выпуск 6: - Донецк ДонГТУ 1999, с. 104-113
2. Надеев Д., Ротермель К., Святний В.А., Солонін О.М., Степанов І.С., Цайтц М. Розподілене паралельне моделююче середовище. Збірник наукових праць ДонНТУ „Проблеми моделювання та автоматизованого проектування динамічних систем”, вип. 29, 2001
3. Святний В.А., Надеев Д.В. Підсистема балансування завантаження ресурсів паралельного розподіленого моделюючого середовища. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія:

Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. Випуск 39, Донецьк ДонНТУ 2002, с. 264-270.

4. Heiss H.-I. Prozessorzuteilung in Parallelrechnern. BI-issenschaftsverlag, 1994, 67-93 с.

5. Rothermel K.: Grundlagen der verteilten Systeme. – IPVR der Universität Stuttgart. 1998.

6. Д. Биркгоф. Динамические системы. 1999. 407 с.

7. Н.С.Бахвалов, Н.П.Жидков, Г.М.Кобельков, Численные методы, Наука, 1987.

8. А.А. Самарский, А.В. Гулин, Численные методы, Наука, 1989.

Дата надходження до редакції 12.10.2006 р.