

**Тезисы доклада**

Начало формы

1. **НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**

(на русском языке) – **GNU/Parallel в численном решении ограниченной задачи рассеяния**

(на английском языке) – GNU / Parallel to the numerical solution of the particular scattering problem.

1. **АВТОРЫ:**

 (на русском языке) – Ефлов Э.В.

(на английском языке) – Eflov E.V.

1. **ОРГАНИЗАЦИЯ (полное наименование, без аббревиатур):**

(на русском языке) – Петрозаводский государственный университет

(на английском языке) – Petrozavodsk State University

1. **ГОРОД:**

(на русском языке) – Петрозаводск

(на английском языке) – Petrozavodsk

1. **ТЕЛЕФОН: +7 (8142) – 71-49-13**
2. **ФАКС:**
3. **E-MAIL: elmer.eflov@yandex.ru**
4. **АННОТАЦИЯ**:

(на русском языке) – Изучается ограниченная задача рассеяния. Показано, что возможно использовать GNU/Parallel в численной имплементации задачи, что приводит к существенному ускорению вычисления отдельных, однородных задач моделирования.

(на английском языке) – We study the particular scattering problem. We demonstrate that it is possible to use the GNU / Parallel to the numerical implementation of the tasks, which leads to a significant acceleration calculating individual and homogeneous modeling tasks.

1. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**:

(на русском языке) – задача рассеяния, GNU/Parallel, методы Рунге-Кутта.

(на английском языке) – scattering problem, GNU/Parallel, Runge-Kutta.

1. **ТЕКСТ ТЕЗИСОВ ДОКЛАДА:**

Как отмечалось ранее [1-3], ограниченная задача рассеяния представляет интерес c нескольких позиций, например, для изучения крупномасштабной структуры вселенной и согласования локальных параметров с наблюдаемой картиной галактик.

Цель работы — установить возможность использовать стандартные интеграторы для решения ограниченной задачи рассеяния. Отметим, что рассматриваемая задача является существенно стохастической - малое изменение начальных условий приводит к различным многообразиям конечных состояний определяемых классами начальных условий [2].

Как отмечалось там же [ibid], поставленная задача предполагает решение фундаментальных проблем небесной механики связанных с задачей N тел. Кроме того, на данный момент процессы диссипации энергии в звездных скоплениях изучены слабо и требуют дополнительных исследований.

В общем случае для N тел уравнения динамики образуют систему уравнений второго порядка, допускающую понижение порядка:

$$\ddot{r}\_{i}=\sum\_{i\ne j}^{N}Gm\_{j}\frac{r\_{ji}}{\left|r\_{ji}^{3}\right|}$$

где $r\_{ji}=r\_{i}-r\_{j}$, а $m\_{i}, r\_{i}- $масса, радиус-вектор *i*-го тела ( $i,j$= 1 *,* 2 *, . . . , N*), *G* — гравитационная постоянная. Массы тел, а также положения и скорости считаются заданными в начальный момент времени. В стандартной постановке задачи N-тел необходимо найти положения и скорости всех частиц в произвольный момент времени. Общий обзор состояния проблемы на 2011 год приведен, например, в монографии Орлова В.В. [1]

Для проведения единичного численного эксперимента используется свободное программное обеспечение из пакета для расчетов общих задач звездной динамики Starlab (стндартная лицензия GNU/GPL). Утилиты из состава Starlab разбивают задачу N тел на несколько шагов: генерация начальных условий, численное интегрирование, возможные изменения системы координат, обработка результатов. Каждый этап представлен несколькими утилитами, причем, например, для численного интегрирования представлено несколько утилит осуществляющих те или иные методы численного интегрирования как и для общей задачи N тел так и для аппроксимирующих их методов задач звездной динамики. Каждая утилита обрабатывает текстовые потоки определенного формата передающиеся через вычислительный конвейер реализованный по стандарту POSIX (pipeline). Из набора пакетов, которые входят в STARLAB использовался интегратор Kira, низкоуровневый интегратор по схеме Эрмита, стабильный интегратор leapfrog.

Численные методы решения данного класса задач, которые в основном используют разложения в ряды по функциям Бесселя, также далеки от окончательного решения, например, нет оценки их сходимости для некоторых классах начальных условий, не разработаны методы регуляризации для тесных сближений и т.п. Отметим, что некоторые перспективные численные методы, для которых построены математические модели, например, метод L-матриц, смысл которого состоит в представлении переменных задачи в категории октав [4,5], до сих пор полноценно представлены только в небольшом числе алгоритмов.

Для эффективного проведения эксперимента необходимо модифицировать задачу численного интегрирования таким образом, что ее выполнение на современных процессорах или вычислительных кластерах происходило параллельно: то есть, эксперимент, в целом, разбивался бы на сегменты, вычисление которых можно проводить одновременно на разных вычислительных единицах.

Отсутствие параллелизации вычислений в изначальном дизайне программного обеспечения Starlab — существенный его недостаток. Однако, так как пакет является свободным программным обеспечением, лицензия которого допускает изменение исходного кода с последующей перекомпиляцией, возможны тривиальные модификации исходного кода пакета для достижения параллельности вычислений.

Используемые в пакете методы численного интегрирования, фактически, вариации многостадийных методов Рунге-Кутта. Интегрирование трехмерной задачи решения дифференциальных уравнений в параллельных методах Рунге-Кутта (см., например, [6,7] предполагает параллельное вычисление коэффициентов аппроксимации и параллельное вычисление для каждой координаты.

Таким образом, эффективность параллелизации зависит от стадийности метода и ограничена им. Параллелизация несколько более эффективна в случае наличия регуляризации из-за замещения трехмерных уравнений четырехмерными. Однако, в общем случае, эффективность методов Рунге-Кутты ограничена сверху стадийностью, при этом, если число аппаратных единиц на которых проводится эксперимент превосходит стадийность метода вычисления, в целом, становятся неэффективными.

Постановка эксперимента допускает естественное параллельное выполнение индивидуальных процессов моделирования. Каждый процесс моделирование зависит от своих начальных условий, соответствующих дискретному шагу в определенном диапазоне. Это позволяет использовать различные значения дискретного многообразия начальных условий в одновременно проводимых на различных аппаратных единицах процессах моделирования.

Для данной проблемы существует свободное программное обеспечение, распределяющее процесс выполнения и нагрузку по аппаратным единицам, а так же решающее задачу параллельного сведения потока данных от индивидуальных процессов. GNU Parallel (см, [8.9]) написана на интерпретируемом языке программирования perl. По умолчанию, утилита принимает аргументом программу, которую планируется выполнять параллельно и считывает со стандартного входа набор аргументов, передаваемых команде. После этого gnu parallel запускает на N аппаратных единицах N копий необходимых программ и по мере их завершения продолжает вызывать их, пока в списке со стандартного входа не прекратятся подаваться аргументы команд.

Таким образом, для организации эксперимента предполагается в начале генерировать необходимое количество файлов с начальными условиями для задачи Коши, так же объединить остальные этапы в единый сценарий для командной оболочки, и, для сведения результатов, выводить каждый в индивидуальный файл. В таком случае, организация индивидуального эксперимента будет представлена командой

\newline

{parallels *scenario* <*list*}

\newline

где *scenario* --- пакетный сценарий проводящий единичный эксперимент по схеме, приведенной ранее, а *list* --- список файлов начальных условий, генерируемых тривиальной программой.

Следует заметить, что в данной постановке параллельная задача оказывается строго линейна относительно количества вычислительных аппаратных единиц.

Основной результат работы состоит в имплементации вычислений в GNU/Parallel, а также в демонстрации масщтабируемости эксперимента в методе Монте-Карло.

Список литературы.

1. Орлов В.В. Задача N тел в звездной динамике / А.В. Рубинов В.В. Орлов. ВВМ: СПб, 2008. 175с.

2. Ефлов Э. В. Оценки параметров моделей модифицированной ньютоновой динамики//Актуальные проблемы современной науки: Труды 3-го Международного форума (8-ой Международной конференции молодых ученых и студентов). Естественные науки. Самара: Изд-во СамГТУ, 2007г. - С.28-33.

3. Ефлов Э. В. Инварианты в гравитационной задаче рассеяния.// Научно-образовательная иформационная среда XXI века. Материалы коференции. Петрозаводск 23-25 сентября, 2015. --- С.85-86.

4. Полещиков С.М. Теория L-матриц и регуляризация уравнений движения в небесной механике / С.М. Полещиков , А.А. Холопов A.A.-- Сыктывкар: СЛИ, 1999. - 255 с.

5. Полещиков С.М. L-матрицы и их применения в небесной механике: дис. ... д-ра ф.-м. наук. СПбГУ, Санкт-Петербург, 1999.

6. Электронный ресурс: Runge-Kutta Based Parallel Computations Rirí Kunovský, Michal Kraus, Václav Vopênkalj Faculty of Information Technology, Brno University of Technology, - Режим доступа: http://seth.asc.tuwien.ac.at/proc12/full\_paper/Contribution168.pdf

7. Электронный ресурс: Parallel two-step Runge-Kutta methods, Helmut Podhaisky, Martin–Luther–University Halle–Wittenberg, Germany — Режим доступа:

http://www.mathematik.hu-berlin.de/~gaggle/EVENTS/2006 \\BRENT60/presentations/Helmut Podhaisky – Parallel two-step Runge-Kutta methods.pdf

8. Tange GNU Parallel - The Command-Line Power Tool/O. Tange//;login: The USENIX Magazine — 2011. — P. 42-47

9. Электронный ресурс: Gnu Parallel — Режим доступа: https://www.gnu.org/software/parallel/