

Имитационное моделирование терминальных перевозок с использованием технологии Grid

Д.Ю. Баклыков¹⁾, Д.П. Гронин²⁾, Д.И. Крыжановский²⁾, Д.С. Осинцев²⁾, В.А. Яровенко²⁾

¹⁾ Самарский государственный университет

²⁾ Волгоградский государственный технический университет

Настоящая работа посвящена проекту по имитационному моделированию терминальных транспортных перевозок, осуществляющемуся в Grid-среде. В 2005 – 2007 г.г. на факультете автомобильного транспорта была проведена работа по исследованию режимов функционирования и эффективности перевозок грузов по терминальной схеме, по результатам которой была построена имитационная модель в виде программы, функционирующей в среде .NET Framework. Испытания модели и её применение для практических задач показали эффективность терминальных перевозок и позволили выявить области в пространстве входных параметров модели, в которых терминальная схема проявляет себя наиболее оптимально [1, 2, 3]. Однако из-за очень большой размерности пространства входных параметров (порядка 130 величин) и сложности самой модели время моделирования для одного набора входных параметров составляло порядка 2 – 9 часов в зависимости от заданных значений. Поэтому были продолжены исследования по данной теме в направлении сокращения времени вычисления. Одним из способов добиться этого представлялось распараллеливание вычислительных процессов, в частности, с использованием технологии Grid (грид), чтобы избежать необходимости использования дорогостоящего специализированного кластерного оборудования.

Имитационное моделирование грузоперевозок осуществляется следующим образом. Пользователь задаёт начальную и конечную даты периода моделирования и шаг дискретизации. На практике чаще всего используются модели, построенные на весь год с шагом 1 час. Последовательность всех шагов от момента начала моделирования до момента его окончания назовём **циклом моделирования**. В начале каждого цикла программа создает модель и устанавливает ей начальные значения. Моделирование одного цикла происходит по шагам. В начале моделирования цикла текущее время устанавливается в нуль. В дальнейшем на каждом шаге в системе происходят следующие события:

- 1) генерация заявок на перевозку;
- 2) для каждого заказа происходит вычисление кратчайшего пути для каждой имеющейся на терминале машине;
- 3) после этого происходит распределение машин по заказам;
- 4) меняются параметры модели, в зависимости от состояния;
- 5) после этого увеличивается текущее время на шаг дискретизации.

Как только текущее время станет больше времени моделирования, моделирование одного цикла заканчивается. Рассчитываются следующие показатели: *стоимость грузов, запланированных к доставке; стоимость доставленных партий грузов; стоимость партий грузов, доставленных «точно в срок»; суммарная стоимость доставки*. Так как рассматриваемая модель носит имитационный характер, целесообразно весь цикл моделирования повторить несколько раз, и эффективность изучаемого

Д.Ю.Б.: denis.baklykov@gmail.com

Д.П.Г.: mak24@mail.ru

Д.И.К.: dmitry.kryzhanovsky@gmail.com

Д.С.О.: dmitri.osintsev@gmail.com

В.А.Я.: yavapro@gmail.com

набора значений параметров оценить по средним значениям. Назовём последовательность циклов моделирования для одного и того же набора значений параметров *сеансом моделирования*. Последовательность всех сеансов моделирования, проведённых для одной и той же модели с одним и тем же набором динамических параметров и интервалов их значений, назовём *пулом моделирования*.

После анализа проекта на наличие участков кода, которые можно распараллелить были выделены следующие моменты:

- 1) распараллеливание внутри пула моделирования;
- 2) распараллеливание внутри сеанса моделирования;
- 3) распараллеливание внутри шага моделирования;
- 4) распараллеливание процесса кросс-шагового моделирования;
- 5) параллельное исполнение отдельных процессов;
- 6) распараллеливание процесса сортировок списков;
- 7) распараллеливание решения задачи коммивояжера.

Для переноса модели в грид-среду была выбрана грид-платформа Alchemi, так как она предоставляет возможность грид-исполнения .NET-кода, хотя и обладает рядом серьёзных недостатков, которые потребовали к себе пристального внимания в ходе дальнейшей работы.

Для распараллеливания процесса сортировки массивов и списков вначале был создан последовательный гибридный алгоритм сортировки, состоящий из метода быстрой сортировки и сортировки методом вставок. Алгоритм сортировки методом вставок быстро работает на небольшом количестве данных, а метод быстрой сортировки, наоборот, показывает хорошие результаты при большом количестве данных. Далее данный алгоритм был распараллелен с использованием программной библиотеки под Alchemi. Важно отметить, что распараллеливался алгоритм быстрой сортировки. Данный алгоритм очень хорошо распараллеливается под грид-технологии, так как вычислительные потоки не зависят друг от друга и могут выполняться на разных машинах. После создания этих алгоритмов было проведено их сравнительное тестирование. Выяснилось, что параллельной сортировки работает намного медленнее, чем последовательные алгоритмы. Это связано с тем, что время при работе алгоритма тратится на распределение задания потокам Alchemi Manager, на пересылку данных к исполнителям и на записывание результатов от потоков в результирующий массив. В результате было принято решение, не менять метод сортировки и оставить стандартный метод сортировки элементов. Был рассмотрен вопрос о распараллеливании решения задачи коммивояжера. Было исследовано и путём тестирования сравнено несколько параллельных реализаций решений этой задачи, однако, так как время на пересылку данных между узлами Alchemi превышало время расчёта, было принято решение остановиться на однопотоковой реализации ЛКН. Задача распараллеливания по сеансам и циклам моделирования не столь сложная, поэтому, была решена в кратчайшие сроки. Для этого пришлось только немного изменить исходный код программы, чтобы встроить работу Alchemi. Основанием для решения о том стоит ли произвести распараллеливание внутри одного шага моделирования было время выполнения одного шага. По результатам профайлинга программы, который был построен для определения возможных точек распараллеливания, время выполнения одного шага было определено равным 1 – 1,5 секунды. Итого, сравнив накладные расходы (порядка 1,5 – 2 сек) и время выполнения шага моделирования, был сделан вывод о том, что распараллеливание внутри шага моделирования не целесообразно. Рассмотрение возможности кросс-шагового распараллеливания было одной из основных задач, которую необходимо было решить для максимально эффективного использования грида. Кросс-шаговая параллелизация подразумевает произведение моделирования некоторой последовательности

шагов на одной машине, а следующей последовательности шагов – на другой машине. Так как в системе происходит случайная генерация многих параметров, оказалось, что события, происходящие в системе, оказывают сильное влияние только на события, происходящие в ближайшее время после них (это значение экспертами оценивается до 10 дней в рамках моделирования). Таким образом, выяснилось, что возможно провести почти независимое моделирование для укрупнённых временных отрезков, а потом внести необходимые корректировки. По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы. Была обоснована целесообразность применения платформы Grid для решения поставленной задачи, была проанализирована существующая версия программы, определены точки возможного распараллеливания, была написана новая версия программы для выполнения расчетов в Gridе, были проведены исследования относительно теоретической возможности распараллеливания внутри шага моделирования и кросс-шаговой параллелизации, кроме того, была реализована новая возможность в модели – построение кольцевых маршрутов (задача коммивояжёра), были исследованы возможности распараллеливания сортировки. Основной вывод будет такой: Grid подходит для эффективного решения задачи.

Литература

1. Гронин Д.П., Крыжановский Д.И. Программная система моделирования автомобильных перевозок «Smart Truck». – М: ВНИИЦ, 2008. – №50200800675.
2. Гронин Д.П. Программное обеспечение моделирования процесса доставки груза по прямой и терминальной схеме / Д.П. Гронин, Д.И. Крыжановский // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: тр. IV всерос. конф. студ., аспирант. и мол. уч., 2-3 апр. 2007: Центральный регион, Москва: [тез. докл.] / Моск. авиац. ин-т (гос. техн. ун-т) [и др.]. - М., 2007. - С. 169-170.
3. Крыжановский Д.И. Программная система моделирования грузоперевозок по прямой и терминальной схемам / Д.И. Крыжановский, Д.П. Гронин // Интеллектуальные системы (AIS`07). Интеллектуальные САПР (CAD-2007): тр. междунар. н.-т. конф-ций, Дивноморское, 3-10 сент. 2007 / Технол. ин-т ФГОУ ВПО "Южный федеральный ун-т" [и др.]. - М., 2007. - Т. III. - С. 75-77.
4. Alchemi. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.alchemi.net
5. GPE. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gpe4gtk.sf.net>
6. Grid over Internet. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sourceforge.net/forum/message.php?msg_id=5676056
7. The Traveling Salesman Problem using genetic algorithm. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lalena.com/AI/Tsp/>