

Тема работы: Реализация централизованного подхода к динамической балансировке вычислительной нагрузки в системе фрагментированного программирования LuNA и его сравнение с децентрализованным подходом

Состав коллектива:

Мустафин Дамир Эркинович, d.mustafin1@g.nsu.ru, студент ФИТ НГУ

Власенко Андрей Юрьевич, к.т.н., доц. каф. ПВ ФИТ НГУ

Выпускная квалификационная работа

Научный руководитель: Власенко А.Ю., к.т.н., доц. каф. ПВ ФИТ НГУ

Тема утверждена распоряжением проректора по учебной работе от 20 янв 2022 № 0012

Научное содержание работы:

1. Постановка задачи.

Целью данной работы является реализация модуля централизованной динамической балансировки вычислительной нагрузки в системе LuNA и экспериментальное сравнение с модулем, использующим децентрализованный подход. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: провести обзор средств оптимизации параллельных программ; сформулировать требования; спроектировать модуль динамической балансировки нагрузки, использующий централизованный подход; реализовать централизованный подход к динамической балансировке нагрузки в системе LuNA; протестировать и экспериментально сравнить два подхода к динамической балансировке нагрузки.

2. Современное состояние проблемы.

Равномерное распределение нагрузки при вычислениях на системах с распределенной памятью (мультикомпьютерах) — нетривиальная задача, эффективное решение которой требует специальной квалификации и больших трудозатрат. Для улучшения производительности параллельных программ нередко прибегают к использованию алгоритмов балансировки вычислительной нагрузки. Балансировка нагрузки предполагает решение задачи максимально равномерного распределения вычислений между узлами.

Существуют две основные стратегии динамической балансировки нагрузки: централизованная и децентрализованная.

В централизованной динамической балансировке имеется выделенный узел, который собирает информацию с других узлов и в соответствии с ней осуществляет перераспределение нагрузки. В децентрализованном алгоритме узлы хранят информацию о некотором подмножестве узлов и в соответствии с ней осуществляют балансировку. Децентрализованный подход считается более масштабируемым, однако узлы не имеют полной информации о нагруженности всей системы, в связи с чем достигнуть равномерного распределения нагрузки существенно сложнее.

Технология фрагментированного программирования представляется перспективной и актуальной для высокопроизводительных вычислений. Одна из немногих разработок в этом направлении — система LuNA (Language for Numeric Algorithms), развиваемая на кафедре параллельных вычислений ФИТ НГУ.

Система LuNA представляет собой систему параллельного программирования, ориентированную на решение больших задач численного моделирования и вычислительной математики.

Одним из главных преимуществ системы LuNA является автоматическое конструирование параллельной программы и наличие балансировки вычислительной нагрузки, благодаря чему программист может сосредоточиться лишь на реализации численных алгоритмов.

В системе LuNA до последнего времени имелся только децентрализованный динамический балансировщик нагрузки, однако для ряда задач централизованная балансировка может оказаться более эффективной.

3. Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы.

Для решения проблемы балансировки нагрузки в системе задается выделенный (центральный) узел, который получает информацию от остальных узлов о готовности к выполнению фрагментов вычислений и об окончании их выполнения путем отправки сообщений; получает дополнительную информацию, позволяющую оценить веса ФВ, а также вычислить текущую нагрузку на каждом из узлов; проверяет необходимость в перераспределении нагрузки на основе полученной информации; составляет план балансировки, согласно которому фрагменты вычислений отправляются с одних узлов на другие.

В качестве модели взаимодействия узлов с центральным используется модель ведущий-ведомый, в которой центральный узел осуществляет однонаправленное управление рабочими узлами.

4. Полученные результаты.

В результате выполнения работы был проведен обзор средств оптимизации параллельных программ. Для системы LuNA был разработан и реализован модуль централизованной динамической балансировки нагрузки. Проведено экспериментальное исследование эффективности централизованного подхода к динамической балансировке нагрузки и сравнение с децентрализованным подходом. Модуль централизованной динамической балансировки нагрузки показал, что для программ, имеющих большие по вычислительному весу фрагменты вычислений, время их выполнения может значительно сократиться.

Также система LuNA была дополнена рядом новых возможностей: определение готовых к исполнению ФВ; определение блока, с которого начинается выполнение ФВ; вычисление времени выполнения ФВ; извлечение готового к исполнению ФВ из очереди задач; передача нескольких ФВ одним сообщением; оценка пропускной способности сети.

5. Эффект от использования кластера в достижении целей работы.

Кластер использовался для тестирования эффективности и ускорения модуля централизованной динамической балансировки нагрузки на задаче блочного умножения матриц и задаче приведения матрицы к диагональному виду, а также для экспериментального сравнения двух подходов к динамической балансировке нагрузки.

Перечень публикаций, содержащих результаты работы

1. Мустафин Д. Э. Модуль централизованной динамической балансировки нагрузки LuNA-программ // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 40. С. 365-373.
2. Власенко А. Ю., Мустафин Д. Э., Мичуров М. А. Автоматизация отладки и оптимизации фрагментированных программ в системе LuNA // (статья принята к опубликованию и будет напечатана в №3 журнала “Проблемы информатики” за 2022 год)
3. Мустафин Д. Э. Реализация централизованного подхода к динамической балансировке вычислительной нагрузки в системе LuNA // Информационные технологии: Материалы 60-й Междунар. науч. студ. конф. 10–20 апреля 2022 г.