Здравствуйте уважаемые члены дипломной комиссии. Меня зовут Аболмасов Павел, мой научный руководитель доктор технических наук, заведующий кафедрой программных систем Коварцев Александр Николаевич. Тема моей выпускной работы: Моделирование параллельных алгоритмов глобальной оптимизации модифицированным методом половинных делений.

Оптимизация в широком смысле слова находит применение в науке, технике и в любой другой области человеческой деятельности. Уже в 18 веке были заложены математические основы оптимизации. Однако до второй половины 20 века методы оптимизации применялись очень редко, поскольку их практическое использование требовало огромной вычислительной работы. В настоящее время параллельные суперкомпьютеры рассматриваются как один из основных инструментов для проведения исследований в различных научных и прикладных дисциплинах. Несмотря на явный прогресс в этой области за последние два десятилетия, известные параллельные алгоритмы глобальной оптимизации обладают малой эффективностью, что не позволяет решать множество актуальных задач. Учитывая практическую важность задач глобальной оптимизации, в том числе доказательной, и существующие сложности на пути их решения, представляются актуальными исследования по разработке эффективных параллельных алгоритмов решения подобных задач, чему и посвящена данная работа.

Задачи, решаемые в работе, представлены на слайде.

Рассмотрим задачу отыскания глобального минимума функции f(x) определенной на n-мерном параллелепипеде. В большинстве практических задач достаточно с заданной точностью эпсилон определить величину глобального минимума функции и найти хотя бы одну точку, где это приближенное значение достигается.

В работе рассматривать только класс липшицевы функций.

Метод половинных делений был предложен академиком Евтушенко в 1971 году. Метод относится к детерминированным и доказательным. Идеяметода заключается в организации непропорционального деление исходной области поиска на гиперпараллелепипеды меньшей размерности.

При делении формируется список параллелепипедов упорядоченный по главному критерию оптимизации (8). На каждом шаге из списка выбирается первый параллелепипед и производится его деление, в нашем случае по наибольшему ребру, при этом из списка исключаются все параллелепипеды для которых верно неравенство (9). Новые параллелепипеды заносятся в список.

Недостаток этого метода в необходимости заранее знать константу Липшица для функции, т.к. от этого сильно зависит успешность нахождения глобального минимума.

Сохранив схему двоичного деления, изменим правило выбора «критического» параллелепипеда.

В 1990 году Стронгиным была предложена одна из самых эффективных стратегий многоэкстремальной оптимизации для одномерных функций, основанная на использовании приближенного апостериорного распределения вероятностей расположения глобального экстремума, формируемого в процессе испытаний функции. С учетом этой стратегии для выбора критического параллелепипеда вместо условия (8) будем использовать условие (10).

Новая стратегии выбора критического параллелепипеда ускоряет выход в область глобального минимума и позволяет адаптивно вычислять значение константы Липшица.

Предположим, что относительно оптимизируемой функции известны размеры областей притяжения локальных минимумов.

Идея двухфазного алгоритма глобальной оптимизации заключается в совмещении техник глобальной и локальной оптимизации. Исходная область разбивается на равные области по числу процессоров и в каждой области запускается модифицированный алгоритм половинного деления. При этом основная задача этапа глобальной оптимизации заключается в формировании списка начальных точек для этапа локальной оптимизации, поэтому его можно проводить достаточно грубо. При известном радиусе зон притяжения локальных минимумов, несколько точек, лежащих неподалёку, можно заменить одной. Данный алгоритм сжатия значительно уменьшает число стартовых точек для этапа локальной оптимизации. И хотя он является эвристическим, эксперименты показали его высокую эффективность.

В фазе локальной оптимизации из каждой точки списка начальных приближений локальных минимумов, полученных на первом этапе, на всех процессорах запускается метод деформированных многогранников, осуществляющий спуск к локальному минимуму.

При разработке и тестировании новых не только параллельных, но и последовательных алгоритмов актуальным является создание средств визуального моделирования алгоритмом и автоматизации программирования, позволяющие сконцентрироваться именно на разработке, а не реализации под конкретную аппаратную платформу или стандарт.

В нашем случае использовалось средство визуального моделирования параллельных алгоритмов PGRAPH. Алгоритм представляется в наглядной форме, а коды программ, включая директивы MPI для передачи данных между процессами, генерируются автоматически, что позволяет перебрать бОльшее количество вариантов алгоритмов.

Базовая реализация двухфазного параллельного алгоритма глобальной оптимизации в нотации технологии ГСП приведена на слайде. Далее были проведены эксперименты по определению ускорения алгоритма. Все эксперименты проводились на суперкомпьютерном кластере «Сергей Королев» с числом процессоров до 512 и размерностью задачи 8.

click

На слайде представлено распределение загрузки по процессорам для фазы локальной и глобальной оптимизации. Базовая версия алгоритма на 512 процессорах показала ускорение в 141 раз. Неравномерность распределения загрузки в фазе глобальной оптимизации обусловлена неравномерностью прореживания параллелепипедов, а в фазе локальной – разной удаленностью начальных точек от локального оптимума. Далее был проведен ряд модификаций, улучшающих характеристики алгоритма.

Во второй версии алгоритма мы изменили стратегию поиска рекордного значения функции и сделали его общедоступным. На графиках показано распределение количества вычислений функции по процессорам, из которых видно что общее количество вычислений в фазе глобальной оптимизации заметно сократилось.

Общий недостаток версий 1 и 2 – это низкая эффективность. В третий версии мы смоделировали асинхронную раздачу заданий по процессорам.

click

Как показали эксперименты таким образом можно значительно повысить эффективность алгоритма. Подобная схема вычислений была также применена к фазе ЛО.

Исследование нового алгоритма, предназначенного для решения практических задач науки и техники, было бы неполным без примера решения одной из таких задач. Для апробации разработанного алгоритма была решена реальная техническая задача выбора оптимальных параметров гасителя пульсаций давления по критерию оценки среднего уровня акустической мощности.

Гаситель пульсаций давлений – это устройство, предназначенное для сглаживания пульсации и вибраций жидкостей и газов. Основу конструкции гасителя составляет специальный клапан, выдерживающий на выходе необходимое давление. При работе гасителя возникает значительный шум, который необходимо понизить.

Идея понижения шума от гасителя заключается в установке специальных шайб с отверстиями. Тогда полную акустическая мощность, генерируемая гасителем, можно рассчитать как сумму мощности клапана и мощностей каждой шайбы.

Рассматривая процессы в гасителе как адиабатические, значение функции акустического мощности шума для каждойшайбы можно выразить через отношение давления после шайбы к давлению перед ней.

В целом, задача выбора рациональных параметров гасителя представляется смешанной задачей параметрической и структурной оптимизации. Задача структурной оптимизации сводится к простому перебору различных вариантов компоновок гасителя по числу шайб. В общем случае задачу параметрической оптимизации можно поставить как задачу условной оптимизации в виде (15) с ограничением (16).

Ограничения (16) возникают из физических соображений и определяют достаточно сложную допустимую область задачи оптимизации. Однако, введя замену переменных (17) задачу условной глобальной оптимизации можно поставить как задачу безусловной на единичном гиперкубе.

На данном слайде приведены результаты оптимизации. Расчеты проводились с числом шайб от 2 до 7. График с найденными оптимальными значениями проходных сечений шайб в процентах от сечения трубы приведен на рисунке 16. Оптимальные значения уровней акустической мощности в ГПД в зависимости от числа шайб изменяются так, как это показано на рисунке 17.

На данном слайде представлены результаты работы. Озвучу основные.

Был предложен новый параллельный алгоритма глобальной оптимизации в трех модификациях и проведено исследование эффективности данного алгоритма на тестовой функции и на реальной физической задаче.

Доклад окончен, спасибо за внимание.