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.

Большое количество постановок технических и научных проблем может быть сформулирована как задача глобальной оптимизации. В связи с чем, к настоящему времени разработано большое количество алгоритмов и методов решения задачи многоэкстремальной оптимизации В этой области существенные результаты получены главным образом для функций одной переменной. Для многомерных функций результаты выглядят более скромно. Причина этого понятна, поскольку, как известно, задача глобальной оптимизации функций многих переменных, в общем случае, является неразрешимой, т.е. относится к классу NP-полных задач. Сегодня разработка методов глобальной оптимизации стимулируется развитием электронно-вычислительных средств и во многом связано с доступностью параллельных компьютерных систем высокой производительности. Учитывая практическую важность задач глобальной оптимизации, в том числе доказательной, 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 будем рассматривать только класс липшицевых функций.

Метод половинных делений был предложен академиком Евтушенко в 1971 году. Метод относится к детерминированным и доказательным. Идеяоригинальногометода заключается в организации непропорционального деление исходной области поиска на гиперпараллелепипеды меньшего размера. Очередной параллелепипед для деления выбирается по условию (8). Параллелепипеды для которых выполняется условие (9) удаляются из списка.

Для этого метода необходимо заранее знать значение константы Липшица функции, что далеко не всегда удается.

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

В 1990 Романом Григорьевич Стронгиным была предложена одна из самых эффективных стратегий многоэкстремальной оптимизации для одномерных функций. 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 исследование новых не только параллельных, но и последовательных алгоритмов актуальным является использование средств визуального моделирования алгоритмом и автоматизации программирования, позволяющие сконцентрироваться именно на разработке, а не на 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. На суперкомпьютерном кластере «Сергей Королев» были проведены эксперименты по определению эффективности алгоритма.

click

На слайде представлено распределение загрузки по процессорам для фазы локальной и глобальной оптимизации. Неравномерность распределения загрузки в фазе глобальной оптимизации возникает из-за прореживания параллелепипедов, а в фазе локальной – из-за 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 из-за бесполезного простоя процессоров. 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.

Для апробации разработанного алгоритма была решена реальная техническая задача выбора оптимальных параметров гасителя пульсаций давления по критерию оценки среднего уровня акустической мощности.

Основу конструкции гасителя составляет специальный клапан, выдерживающий на выходе необходимое давление, на котором возникает значительный шум. Целью оптимизации и было его понижение.

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.