

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ В РЕШЕНИИ СЛОЖНЫХ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

И.Н. Егоров, Ю.И. Бабий

Среди огромного многообразия задач, решаемых сегодня при помощи современных многопроцессорных вычислительных системах, особое место занимают так называемые "большие" или даже "сверхбольшие" задачи, требующие существенных временных затрат на вычисление. Предметные области, в которых решаются подобные задачи самые разные:

- Материаловедение
- Построение полупроводниковых приборов
- Сверхпроводимость
- Структурная биология
- Разработка фармацевтических препаратов
- Транспортные задачи
- Гидро- и газодинамика
- Управляемый термоядерный синтез
- Эффективность систем сгорания топлива

Как правило, целью решения данных задач является поиск наилучших технических решений, которые можно получить, например, при использовании технологий оптимизации. Характерной особенностью этих задач являются колоссальные затраты времени, потребные для решения, а следовательно и финансовых затрат, необходимых для решения.

На сегодняшний день сокращение затрат на исследования может быть достигнуто:

- применением более производительных вычислительных комплексов;
- использованием новых технологий параллельного программирования (распараллеливание вычислительного процесса применительно к численным моделям анализа объекта);
- применением более эффективных технологий анализа и оптимизации, в том числе распараллеливание самой процедуры поиска экстремума.

Реализация технологии распараллеливания вычислений требует переработки (или доработки) большей части программных продуктов, используемых сегодня инженерами и учеными для решения прикладных задач. Как показывает практический опыт, это не всегда позволяет создать действительно эффективные параллельные программы. Это связано с тем, что не все алгоритмические процедуры могут быть распараллелены при организации вычислительного процесса или количество параллельных ветвей значительно меньше количества процессоров, которые имеются в распоряжении для исследования.

При решении задач оптимизации, другим направлением повышения эффективности вычислительного процесса является использование процедур распараллеливания самих алгоритмов оптимизации. В целом, это может привести к сокращению потребного количества итераций для поиска экстремума. При этом, значительный эффект может быть достигнут, как при повышении эффективности самих алгоритмов оптимизации (что традиционно используется на протяжении многих лет), так и при использовании новых технологий параллельной оптимизации, позволяющих обеспечить дополнительные возможности по снижению временных затрат. Распараллеливание процесса оптимизации не требует изменения расчетных модулей, однако для его реализации необходимо использование специальных методов. Максимально достижимый эффект можно получить при совместном использовании возможностей распараллеливания, как собственно вычислительного процесса анализа объекта (расчета по математической модели), так и процедуры оптимизации. Таким образом, использование распараллеленной процедуры оптимизации позволяет получить дополнительные возможности по повышению эффективности вычислительной процедуры в целом.

Новые алгоритмы параллельной оптимизации (IOSO PM) позволяют обеспечить высокую эффективность. Они основаны на технологиях построения поверхностей отклика в сочетании с уникальными алгоритмами адаптации области поиска. При параллельной оптимизации расчетный модуль одновременно запускается столько раз, сколько имеется свободных процессоров для вычисления. В целом, количество итераций оптимизационного процесса сокращается, несмотря на увеличение суммарного числа определений целевой функции. При чем, вычислительные эксперименты показали, что в некоторых случаях суммарное время решения задачи оптимизации может уменьшиться во столько раз, сколько используется параллельных процессов в вычислительной системе.

Основными достоинствами разработанного алгоритма IOSO PM являются:

- возможность максимального использования вычислительных возможностей многопроцессорных систем;
- возможность использования произвольного количества параллельных процессоров (применение аналогичной стратегии на основе градиентных методов оптимизации связано с размерностью задачи оптимизации и позволяет одновременно использовать только $n+1$ процессор, где n – размерность задачи);
- более высокая эффективность оптимизации по сравнению с другими методами, с том числе и генетическим алгоритмом;
- вычислительная устойчивость алгоритма при наличии областей невычислимости расчетных модулей;
- возможность решения как однокритериальных, так и многокритериальных задач оптимизации;
- возможность использования уже имеющихся результатов расчета;
- минимальные временные затраты на решение серии задач оптимизации на базе одних расчетных модулей.

Таким образом, использование технологии параллельной оптимизации IOSO PM открывает новые перспективы для исследователей и разработчиков в создании высокоэффективных и наукоемких технических систем.

Применение распараллеленной оптимизации позволило решить сложную практическую задачу повышения эффективности осевого компрессора ГТД. Для расчета эффективности лопаточной машины использовался трехмерный газодинамический расчет 3-х ступенчатого компрессора с использованием CFD пакета Fine/Design3D, интегрированного с пакетом параллельной оптимизации IOSO PM. Расчет производился на 12 компьютерах соединенных между собой в локальную вычислительную сеть. Время, потребное для определения одного значения целевой функции составляло 21 час.

Для определения оптимальной геометрии 6 венцов, которая описывалась 65 независимыми переменными, потребовалось порядка 340 вычислений критериев оптимизации и ограничений.

Традиционная схема решения подобной задачи не представлял интереса для практики, т.к. потребное время для решения данной задачи составило бы около 300 дней. Применение распараллеленного процесса оптимизации на 12 расчетных узлах позволило более чем в 10 раз сократить общее время ее решения и заняло 27 дней. При этом было найдено решение, позволившее значительно увеличить эффективность рассчитываемого компрессора, которое было реализовано на практике.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Egorov I.N., Kretinin G.V., and Leshchenko I.A., Two Approaches to Multidisciplinary Optimization Problems, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering – ECCOMAS2000, Barcelona, Spain, 2000.
2. Egorov, I.N., Kretinin, G.V., Leshchenko, I.A. and Kuptzov, S.V. “The main Features of IOSO Technology Usage for Multi-Objective design optimization”, 10th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Albany, New York, USA, August 30-September 1, 2004.
3. Kuzmenko M.L., Egorov I.N., Shmotin Yu. N., Chupin P.V., Fedechkin K.S. “Multistage axial flow compressor optimization using 3D CFD code”, 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Portsmouth, Virginia, USA, 6-8 September, 2006.
4. Egorov, I.N., Kretinin, G.V., Leshchenko, I.A. and Kuptzov, S.V. “Multi-Objective design optimization using IOSO Technology algorithms”, Chapter in book: EVOLUTIONARY ALGORITHMS AND INTELLIGENT TOOLS IN ENGINEERING OPTIMIZATION W. Annicchiarico, J. P?riaux, M. Cerrolaza and G. Winter (Eds.) © CIMNE, Barcelona, Spain 2004.