

Параллельные вычислительные технологии в задаче о переносе излучения*

М.А. Чашин, Е.Ф. Леликова, Л.И. Рубина, О.Н. Ульянов

Авторами на протяжении ряда лет разрабатывается методика численного решения на многопроцессорных вычислительных системах задачи радиационного переноса [1].

Кратко постановку задачи можно сформулировать следующим образом. В области имеется среда, представляющая собой смесь из нескольких веществ. На границу области падает излучение. Пусть J — степень ионизации γ -ого вещества, j — номер дискретного возбужденного состояния для данной степени ионизации. Относительная доля ионов вещества, пребывающего в состоянии (jJ) , называется населенностью этого состояния. Населенности удовлетворяют уравнениям кинетики, коэффициенты в которых зависят, в частности, от некоторых средних от интенсивности излучения. Интенсивность излучения удовлетворяет интегро-дифференциальному уравнению переноса излучения, коэффициент поглощения и функция источника в котором зависят от населенностей, точки области, угловой и энергетической переменных. Требуется определить населенности и излучение, возникающее в результате взаимодействия падающего излучения и содержащегося в области вещества.

Методика включает параллельные алгоритмы и программы, основанные на двух разных подходах к решению уравнения переноса излучения. Алгоритмы метода МАПИ (Метод Аналитического Представления Излучения) базируются на явном представлении решения уравнения переноса излучения. В методе МПЛЧ (Метод Полиномов Лагранжа-Чебышева) для решения этого уравнения используются интерполяционные полиномы Лагранжа с чебышевскими узлами. Алгоритмы и программы разрабатываются для все более усложняющихся физических и математических моделей.

В докладе представлены результаты развития методики, полученные за период, прошедший со времени проведения конференции ПАВТ`2007. Для веществ с фойгтовскими профилями излучения (и поглощения) был произведен переход от решения задачи переноса излучения в однокомпонентной однородной среде с учетом двух резонансных линий к моделированию радиационного переноса в неоднородной смеси веществ с учетом нескольких десятков линий. Алгоритмы МАПИ разработаны в нескольких модификациях, отличающихся способом вычисления средних интенсивностей излучения. Разработаны новые алгоритм и программа МПЛЧ, позволившие на порядок сократить время расчетов по сравнению с ранее применявшимся параллельным алгоритмом. Достигнуто приемлемое время расчетов достаточно сложных и физически содержательных задач, и таким образом, получена возможность проведения серийных инженерных и научных расчетов. Алгоритмы МАПИ распараллелены по пространственной и угловой переменным, веществам смеси и линиям, алгоритм МПЛЧ — по угловой переменной. Предложенные параллельные алгоритмы и программы — хорошо масштабируемы, показали высокую эффективность, позволяют использовать тысячи процессорных ядер. Комплексы программ используют MPI и DVM технологии параллельного программирования. Расчеты проводятся на МВС-100К в МСЦ РАН. Приводятся результаты численных экспериментов.

Литература

1. Е.Ф. Леликова, Л.И. Рубина, О.Н. Ульянов, М.А. Чашин Параллельные вычисления в задачах, возникающих при математическом моделировании переноса излучения // Автоматика и телемеханика. 2007. №5. С.124–140.

* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Применение многоядерных и гибридных вычислительных систем для решения больших прикладных задач» Программы Президиума РАН «Интеллектуальные информационные технологии, математическое моделирование, системный анализ и автоматизация».