

## **Организация системы распределенных вычислений с целью снижения времени расчетов аэродинамических характеристик летательных аппаратов**

Д.В. Апраксин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Современный уровень аэродинамических исследований требует широкого применения как трубных, так и численных экспериментов. Появление новых измерительных комплексов и создание низкошумящих аэродинамических труб приводит к повышению точности экспериментальных исследований. В области вычислительной аэродинамики также можно указать два основных направления, по которым идет процесс повышения точности предсказания аэродинамических характеристик, как для натуральных аппаратов, так и для трубных моделей. К первому направлению относится разработка новых и усовершенствование существующих численных методов и моделей турбулентности [1]. Второе направление – уточнение расчетных сеток. Последнее требует использования больших вычислительных комплексов, таких, как высокопроизводительные рабочие станции и многоузловые кластеры [2].

В работе проведено исследование возможностей снижения времени расчетов при распределенной схеме организации расчета в конфигурации по умолчанию (1) и в конфигурации с применением оптимизированных настроек программных средств (2). Конфигурация 1 состоит из двух высокопроизводительных кластеров, различной производительности и архитектуры, соединенных по локальной вычислительной сети (ЛВС). Кластеры работают под управлением своих операционных систем (без специфических настроек), двух локальных планировщиков (torque) и одного распределенного планировщика и менеджера ресурсов (moab). Конфигурация 2, в свою очередь, состоит из тех же двух высокопроизводительных кластеров, которые работают под управлением своих операционных систем со специфическими настройками (стек TCP/IP, оптимизация драйверов, настройки пакета OpenMPI), двух локальных планировщиков (torque) и одного распределенного планировщика и менеджера ресурсов (moab), также имеющих специфические настройки.

При выполнении данной работы использовались имеющиеся на ФАЛТ МФТИ кластеры, связанные между собой сетью типа Gigabit Ethernet. Первый кластер является 16-ти узловым кластером на базе 64-битных процессоров Itanium, с установленным в

стойке связующим коммутатором фирмы Cisco. Кластер работает под управлением операционной системы RHEL ES/AS. Для эффективного локального управления вычислительными ресурсами установлен планировщик ресурсов Torque. Для глобального управления вычислительными ресурсами в рамках распределенной схемы расчета установлен клиент глобального планировщика ресурсов Moab. Второй кластер на базе процессоров Intel Xeon, выполнен в стоечном варианте и включает в себя управляющую машину, 24 расчетных узла, блоки бесперебойного питания и два сетевых коммутатора. На каждой расчетной машине находится по 2 процессора Xeon и 8 Гб оперативной памяти. Аналогичные процессоры установлены и на управляющей машине, но количество оперативной памяти на ней удвоено. Кластер работает под управлением операционной системы Linux Suse.

Первый коммутатор (Gigabit Ethernet) используется для системного управления кластером и службы NFS (сетевая файловая система) [3]. Второй коммутатор, построенный по технологии Infiniband, обладая большой пропускной способностью и меньшими временами латентности, используется непосредственно для межузловой передачи данных во время расчета.

Для эффективного локального управления вычислительными ресурсами установлены планировщик ресурсов Torque. Для глобального управления вычислительными ресурсами в рамках распределенной схемы расчета установлен клиент глобального планировщика ресурсов Moab.

В качестве расчетных продуктов использовались пакеты компании ANSYS. В конфигурациях 1 и 2 проводились аэродинамические расчеты задачи обтекания компоновки вязким дозвуковым потоком на неструктурированных сетках.

В результате проведенной работы:

- организован эффективный распределенный расчет;
- определены основные направления снижения времени расчета;
- разработан набор рекомендаций для организации оптимизированного времени расчета.

#### Литература:

1. *Belotserkovsky O.M.* Modern Solution Methods for Nonlinear Multidimensional Problems. Mathematics. Mechanics. Turbulence. – Lewiston: The Edwin Mellen Press, 2000.
2. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.* Параллельные вычисления.- СПб: БХВ-Петербург, 2002.
3. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Сетевые операционные системы. – СПб: Питер, 2001.