

Военно-морской суперкомпьютер

Основными проблемами российского судостроения на текущий момент являются высокая стоимость проектов и внушительные сроки их выполнения по сравнению с зарубежными производителями. Одна из причин – отставание российских компаний в области использования высокопроизводительных вычислений. При проектировании судов, отдельных конструкций, систем и органов управления водного транспорта большинство российских судостроительных компаний используют для расчетов и компьютерного моделирования настольные ПК. В то же время для этих же целей ведущие мировые компании и, в первую очередь, организации, ведущие работы в интересах военно-морского флота, используют суперкомпьютеры. Они позволяют не только проводить расчеты и моделирование в разы быстрее, но и сокращать стоимость исследований и разработок, заменять натурные испытания компьютерным моделированием, повышать точность расчетов, качество конечной продукции и, как следствие, ее конкурентоспособность на международном рынке. Российские судостроители тоже постепенно переходят к суперкомпьютерным вычислениям. Одной из таких организаций стал Военно-Морской Инженерный Институт (ВМИИ). Институт проводит научно-исследовательские разработки по заказу Военно-Морского Флота РФ, и наличие мощных вычислительных ресурсов для него крайне важно.

В 2006 году в институте был установлен суперкомпьютер кластерной архитектуры T-Forge32, разработанный и произведенный российской компанией “Т-Платформы”. В 2007 году кластер был модернизирован, и в настоящий момент он состоит из 16 вычислительных узлов в компактном форм-факторе 1U, каждый из которых содержит по два двухъядерных процессора AMD Opteron частотой 2,2 ГГц. Все узлы суперкомпьютера связаны между собой высокоскоростной коммуникационной средой Myrinet. Общий объем оперативной памяти системы – 64 Гб.

Пиковая (теоретическая) производительность суперкомпьютера производства “Т-Платформы” составляет 256 GFlops (256 миллиардов операций в секунду), реальная, достигаемая при решении конкретных задач, – примерно 200 GFlops. Таким образом, эффективность кластера, то есть соотношение пиковой и реальной производительности, составляет около 78 %. Подобные показатели сегодня имеют не так много систем в мире. Достаточно сказать, что по эффективности вычислительный кластер ВМИИ всего на 13 % отстает от самого эффективного в мире на сегодняшний день суперкомпьютера, установленного в Японии.

Конечно, сегодня производительность современных суперкомпьютеров исчисляется терафлопами (триллионами операций в секунду), а несколько систем уже перешагнули петафлопный барьер (квадриллион операций в секунду). На их фоне производительность суперкомпьютера в ВМИИ может показаться не особенно высокой. Однако достаточно оглянуться на показатели вычислительных систем 2007 года, чтобы понять, что тогда этот “малыш” вошел бы в список 50 самых мощных суперкомпьютеров России и СНГ, а по соотношению реальной и пиковой производительности оказался бы едва ли не самым лучшим.

Суперкомпьютер T-Forge32 позволил ВМИИ повысить скорость расчетов примерно в 6-8 раз и сэкономить миллионы рублей благодаря возможности отказаться от дорогостоящих испытаний моделей в бассейнах и аэродинамических трубах. Каждое из таких испытаний стоит в среднем около 1 миллиона рублей даже для модели, требующей незначительных изменений конструкции, а в случае с более сложными моделями стоимость одного испытания может достигать нескольких миллионов рублей. Кроме того, стало возможным решать ряд задач, недоступных

при использовании даже самых современных персональных компьютеров, а также перейти на качественно иной уровень гидродинамического моделирования и повысить точность расчетных сеток. Научные расчеты теперь выпол-



Суперкомпьютер T-Forge32

няются на расчетных сетках, соответствующих общемировым стандартам гидродинамики (не менее 8-10 миллионов ячеек). Это позволяет изучать тонкие гидродинамические эффекты, исследование которых на рабочих станциях не представляется возможным.

Вычислительный кластер T-Forge32 используется ВМИИ главным образом для решения научно-исследовательских и инженерных задач гидродинамики кораблей и других морских объектов. На суперкомпьютере были выполнены, в частности, следующие задачи:



Сотрудники ВМИИ на рабочих местах кластера

- ▶ исследования гидродинамических полей, направленные на создание бортового информационно-измерительного комплекса контроля и управления физическими полями корабля;
- ▶ исследование влияния скачка плотности на сопротивление движению корабля (эффект “мертвой воды”);
- ▶ анализ подводных течений вблизи придонных конструкций;
- ▶ гидродинамическое проектирование новых форм кормового оперения подводных объектов, обеспечивающих лучшие характеристики управляемости;
- ▶ гидродинамическое обоснование изменения конструкции нескольких проектов морских объектов;
- ▶ исследования отрыва пограничного слоя корпуса корабля и действующих на него сил при нестационарном пространственном маневрировании, ставшие обоснованием приближенного численного метода прогнозирования нелинейных гидродинамических реакций;
- ▶ гидродинамический анализ внутренних течений в трубопроводах, позволивший предложить новые формы проточных частей поворотов, тройников и других фасонных элементов с безотрывным течением, пониженным уровнем гидравлических потерь, вибрации и износа;
- ▶ получение гидродинамических характеристик морских объектов в условиях пространственно-временной неоднородности гидрофизических полей;
- ▶ определение гидродинамических характеристик (сил, моментов, полей скоростей, давлений, турбулентной вязкости и др.) схематизированной подводной лодки SUBOFF.

Для расчетов на суперкомпьютере ВМИИ использует лицензионный пакет Fluent и специализированный код FlowFES-MPI, разработанный специалистами ВМИИ и Санкт-Петербургского Государственного Морского Технического Университета. Этот пакет создан на основе технологии параллельных вычислений MPI и обладает набором опций, стандартным для современных программных пакетов вычислительной

гидродинамики. FlowFES-MPI позволяет, например, настроить алгоритм численного решения по выбору пользователя, задать свойства жидкости, выбрать модель турбулентности, задать тип граничных условий (в частности указать, будет ли моделироваться свободная поверхность – технология метода Volume of Fluid). В этом коде реализовано несколько современных методов моделирования турбулентности с выделением крупных вихрей, которые позволяют учитывать влияние гидрофизики океана (например влияние стратификации) на параметры турбулентности, что выгодно отличает его от многих известных коммерческих пакетов.

В качестве примера одной из задач, выполненных специалистами ВМИИ на T-Forge32, можно привести расчет по улучшению фасонных элементов корабельных трубопроводов и их характеристик. Гидродинамический анализ расчетов в трубопроводах и специальный метод гидродинамического проектирования проточной части фасонных элементов с плавным безотрывным течением позволили получить тройники, отводы и другие элементы, обладающие существенными преимуществами перед традиционными конструкциями. Расчеты показывают, что при малых радиусах скругления отвода новая форма обеспечивает максимальное снижение гидравлических потерь на 50 %, а энергии турбулентных пульсаций – на 25 %.

По словам специалистов ВМИИ, опыт использования высокопроизводительных вычислений показал, что только с их помощью возможно эффективное решение практических задач гидродинамического анализа в кораблестроении. Именно поэтому ВМИИ планирует провести дальнейшую модернизацию кластера и многократно увеличить его производительность. Это позволит институту проводить еще более точные расчеты в более сжатые сроки.

Наталья Лаврентьева,
компания “Т-Платформы”,
Юрий Гурьев,
Военно-Морской Инженерный Институт