

Проектные методики создания промышленных суперкомпьютерных центров

1 Введение

Для крупного промышленного предприятия, совмещающего проведение большого объема НИОКР с выпуском высокотехнологической продукции, необходимость в высокопроизводительных вычислениях сегодня не требует доказательств. Связанная с этой потребностью проблема выбора: «Что лучше: строить собственную супер-ЭВМ или арендовать удаленные вычислительные ресурсы?» на самом деле не является неразрешимой дилеммой.

С одной стороны, целесообразно использовать самые быстрые и дорогие суперкомпьютеры нашей страны как техническую базу для организации ВЦКП – вычислительных центров коллективного пользования. Такие центры в состоянии обеспечить возможность удаленного доступа и запуска задач для большой группы пользователей. Предприятия-клиенты могут эффективно использовать этот режим при проведении моделирования по отлаженным методикам с высокими требованиями на вычислительные и временные ресурсы или в случаях, когда расчеты носят разовый характер. Вероятно, объем предложений подобного рода будет только расти и дорастет до облачного сервиса «вычисление как услуга». К сожалению, в нашей стране пока «малооблачно», а на качество услуг и эксплуатационные свойства суперкомпьютерных центров может влиять множество факторов, например, наступление лета [1].

С другой стороны, центр тяжести суперстроительства решительно перемещается от проектов создания машин экстремальной производительности к массовому выпуску вычислительных кластеров средней производительности (десятки и сотни терафлопс). По данным аналитического агентства IDC увеличение объема продаж группы компьютерных систем этого класса в 2013 году опережало аналогичные показатели для новых рекордсменов списка Top500. Характерной особенностью использования суперкомпьютеров среднего класса является их доминирование в промышленном секторе. Это легко проверить, проанализировав содержание поля «Segment» в excel-файле последнего рейтинга Top500 за ноябрь 2013 года и убедиться, что среди записей второй половины списка (с 251 по 500 позиции) 78% компьютеров относится к группе «Industry» [2].

Поэтому оснащение высокопроизводительными вычислительными системами отечественных НИИ, связанных с промышленными наукоемкими технологиями, соответствует мировому тренду. Кроме того, существующие на предприятиях требования по надежности, оперативности, защищенности технологий обработки информации (например, при сквозном проектировании изделий [3]), предполагают постоянный контроль и ответственность за процесс производственного счета. Эти моменты затрудняют делегирование проведения фазы моделирования сторонним организациям.

2 Задачи и решения создания суперкомпьютерного центра на предприятии

2.1 Организационная схема проекта

Итак, у вас сложились три фактора: необходимость, средства и желание построить суперкомпьютер. В настоящее время в России не слишком много организаций смогут предложить комплексный проект по реализации ваших желаний. Среди этих организаций можно перечислить «отечественных» производителей: компанию Т-Платформы (до известных событий занимавшую значительный объем рынка), группу компаний РСК с архитектурой РСК-Торнадо, а также ГК «Росатом». Все они предлагают кроме строительства высокопроизводительных систем также собственные решения по компонентам оборудования и составу программного обеспечения. Список российских суперкомпьютерных разработчиков будет, безусловно, в ближайшее время расширен. Следует обратить внимание также на иностранных производителей (в первую очередь, на американских и азиатских вендоров), уже присутствующих или появляющихся на нашем рынке и работающих в связке с системными интеграторами для поставки своих компьютеров. Любая из этих организаций заинтересована в создании у вас суперкомпьютерного центра «под ключ».

Авторы считают (это принципиальный момент), что на данном этапе состояния суперкомпьютерных технологий в России целесообразна другая организационная схема партнерства с производителями суперкомпьютерных решений, которая требует сохранения управления проектом непосредственно у заказчика. Передавать этот тип работ на аутсорсинг нельзя, иначе предприятие превратится в пассивный объект внедрения, а его ИТ-служба будет проводить драгоценное время проектирования и строительства суперкомпьютерного центра в роли ассистента подрядчика (а это - минимум год или более). В случае контроля управления проектом и в процессе работы над интеграцией усилий различных привлекаемых сторон у заказчика развиваются компетенции, связанные не только с проектным управлением, но и архитектурой вычислительной системы, пониманием принципов работы системного программного обеспечения, инженерными системами. Эти знания не могут быть получены с помощью любой формы тренинга, гарантируя уже на момент приемочных испытаний качество будущей эксплуатации.

2.2 Этапность и содержание работ

В настоящее время для организаций, не планирующих обладать экстремальными суперкомпьютерными мощностями, приемлемой планкой производительности является 100 (или чуть более) терафлопс, что может потребовать использования нескольких стандартных серверных стоек для размещения оборудования и значительных усилий по отводу тепла. Следует отметить, что такие особенности работы суперкомпьютеров как значительное потребление электроэнергии, выделение тепла в режиме пиковой загрузки и неравномерность загрузки вычислительных узлов при проведении различных расчетов отражаются на специфике инженерных систем супер-ЭВМ. Хотя типовые инженерные системы, предлагаемые ведущими мировыми производителями, многократно опробованы в практике создания центров обработки данных (ЦОД), у суперкомпьютерных центров имеются свои архитектурные и функциональные особенности. При этом сам процесс создания суперкомпьютерного центра во многом схож с проектом создания классического универсального ЦОД и включает в себя стадии предпроектных работ, собственно проектирования, реализации, сдачи-приемки и перехода к эксплуатации [4]. Он характеризуется разнотипностью решаемых задач, которые, в частности, включают

выполнение строительного проекта, совмещенного с разработкой уникальной вычислительной системы.

В данной работе не рассматриваются вопросы использования лучших проектных практик, например, изложенных в РМВОК, а лишь дается попытка оценить комплекс и последовательность работ, необходимых и характерных именно для создания супер-ЭВМ.

Этап 1. Первой и чрезвычайно важной задачей при создании суперкомпьютера является предварительное определение его архитектуры на базе исходных данных. В качестве таких исходных данных должны быть представлены, как минимум:

- желаемая пиковая производительность;
- объемы оперативной и дисковой памяти;
- требования к интерконнекту;
- соотношение между графическими и универсальными процессорами.

Разработчики архитектуры могут задать значительное количество вопросов, связанных с уточнением таких параметров. В этом случае необходимо совместно определить их с некоторой долей неопределенности, поскольку при отсутствии опыта, дать четкие указания по потребностям в вычислительных ресурсах, которые, как известно, значительно зависят от типов решаемых задач, может быть затруднительно. Распространенная ошибка – перебор с процентом графических ускорителей, как правило, это линейка карт NVidia Tesla. Понятно, что увеличение их доли уменьшает стоимость проекта при сохранении заявленной теоретической пиковой производительности. Однако, эффективная утилизация этой группы вычислительного поля требует массового и регулярного использования прикладного программного обеспечения, поддерживающего данный тип вычислителей. Вариант с проектированием ускорителей на базе архитектуры Intel Xeon Phi пока существенно не меняет проблему.

После получения подробных технических предложений, необходимо тщательно подготовить техническое задание на проект ИТ-части с программным обеспечением (совместно с разработчиком, но не под его диктовку). Уже общепринято, что содержание работ и формы отчетности при создании большой вычислительной системы должно осуществляться не только по строительным стандартам, характерным для создания ЦОД, а по 34-му ГОСТу, т.е. в рамках разработки автоматизированной системы. При этом в техническом задании необходимо четко сформулировать перечень и содержание требуемой эксплуатационной документации (ЭД), которая, на сегодняшний день, в отличие от проектной и рабочей документации, строго не стандартизована.

На данном этапе необходим договор на проектировании архитектуры будущей машины с определением требований к инженерным системам.

Этап 2. Второй задачей является разработка проекта на создание инженерной инфраструктуры вычислительной системы. На данном этапе проектировщику потребуются сведения о помещении, подобранном для супер-ЭВМ, включая точки подключения к источникам электроэнергии, планировки зданий, сведения о нагрузочной способности перекрытий и многое другое. Следует отметить, что суперкомпьютерные проекты в России и Европе в основном финансируются государством и реализуются в государственных организациях. При этом под размещение машин, как правило, предлагаются помещения в уже имеющихся зданиях и сооружениях. Такое размещение часто может вести к следующим затруднениям при реализации проектов:

- отсутствие (утрача) проектной документации на здания;

- недостаточная нагрузочная способность перекрытий;
 - размещение машинных залов на средних этажах и, как следствие, затруднение использования систем жидкостного охлаждения;
 - необходимость укрепления стен для размещения внешних блоков систем охлаждения;
 - ограниченная площадь машинного зала;
 - удаленность точек подключения от мест расположения супер-ЭВМ и недостаток электрической мощности;
 - невысокое качество электроэнергии, например, наличие уже подключенных потребителей с высокими пусковыми токами;
- и др.

По опыту авторов вне зависимости от квалификации проектировщиков и качества проводимой экспертизы при реализации проекта возникнут сложности, поэтому целесообразно совмещать функцию проектировщика и подрядчика инженерных систем. На данном этапе подрядчиком может быть любой квалифицированный системный интегратор.

Этап 3. Третья задача состоит в поставке и монтаже инженерных систем (системы охлаждения, электропитания, газового пожаротушения, охранной и пожарной сигнализации и др.) и проведении общестроительных работ. По опыту авторов наиболее целесообразным является выбор генерального подрядчика, который обеспечит решение вопросов на стыке работ подрядчиков по отдельным системам и гарантирует соблюдение сроков выполнения работ.

Этап 4. Четвертый этап заключается в приобретении и монтаже вычислительной части системы. Приобретению вычислительной части предшествует окончательное уточнение спецификации к закупке, которое проводится совместно с организацией, проектировавшей архитектуру системы. Основной рекомендацией на этом этапе является уточнение спецификации как можно позднее, чтобы закупка состоялась к моменту завершения монтажа оборудования. В условиях необходимости проведения закупочных процедур (в соответствии с Федеральным законом от 18 июля 2011 года N 223-ФЗ "О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц") и с учетом сроков поставки оборудования такой срок может быть назначен не позднее полугода до момента ввода комплекса в эксплуатацию. Если финансирование проекта не предполагает возможность оплаты всего оборудования сразу, то в качестве первой части закупки следует определить те компоненты, на которые не повлияют технологические новинки рынка. Например, заранее можно закупить систему хранения информации суперкомпьютерного комплекса и коммутаторы для организации управляющих сетей, а выбор модели центрального процессора для вычислительных узлов оставить на последний срок закупки. Понятно, что возможность такого «горячего» апгрейда спецификации оборудования должна быть прописана в техническом задании.

Монтаж вычислительной части и установка программного обеспечения, прежде всего системного, целесообразно также доверить организации-проектировщику архитектуры системы. Приемка инженерной инфраструктуры также должна быть проведена после установки вычислительной системы в стойки. Данная последовательность обеспечит проверку инженерного оборудования в режиме

достижения максимальной производительности (следовательно, и максимального тепловыделения) супер-ЭВМ на «тяжелых» вычислительных тестах.

Следует отметить, что вопросы согласования сроков, инициации и проведения необходимых закупочных процедур, контроля качества выполняемых работ и обеспечения процесса проведения приемки возлагаются на заказчика.

Этап 5. Качественное проведение этапа сдачи-приемки супер-ЭВМ гарантирует уменьшение проблем заказчику на этапе начала эксплуатации. Здесь уже сложились более-менее стандартные процедуры, суть которых заключается в проведении классического 3-х стадийного процесса: предварительные испытания, опытная эксплуатация, приемочные испытания. Содержание стадий регламентируется программой и методикой испытаний, а результаты - протоколами испытаний. Важно отметить необходимость не только прогона главных вычислительных тестов HPL (Linpack) и NASA NPВ, но и отдельной обязательной проверки функционирования параллельной файловой системы, а также заявленных технических характеристик всех коммуникационных сетей, входящих в вычислительный кластер.

3 Эксплуатационный этап

В качестве особого этапа управления проектом следует выделить обеспечение процесса ввода в эксплуатацию созданного суперкомпьютерного объекта. С этой задачей напрямую связан вопрос ответственной службы за весь процесс строительства и эксплуатации супер-ЭВМ. Несомненно, что это вопрос службы информационных технологий, в которой целесообразно выделить направление высокопроизводительных вычислений. В таком случае именно на этих людей возлагаются, в том числе, и вопросы взаимодействия с внутренними службами предприятия, ответственными за проведение строительных и пусконаладочных работ, службами эксплуатации инженерных систем, службами закупки и др. Компетентностная и организационная модель построения такого направления заслуживают отдельного рассмотрения вне рамок данной работы.

Тем не менее, важно указать на две первоочередные эксплуатационные проблемы, которые необходимо решить до подписания акта приемки суперкомпьютера.

1. Как уже отмечено выше, в значительном объеме бумажных документов, которые остаются после создания суперкомпьютерного центра, наблюдается явный крен в сторону проектной документации в противовес ЭД. По программному обеспечению разработчик может ограничиться двумя «мануалами»: руководством пользователя и руководством оператора/системного администратора. По инженерным системам в дополнение к томам рабочего проекта заказчик может рассчитывать только на копии технической документации производителя оборудования, получаемой при закупке систем охлаждения и источников бесперебойного питания. Проблема требует стандартизации перечня ЭД суперкомпьютерного центра. В текущей ситуации заказчик должен «вспомнить» о фазе эксплуатации в процессе проектирования и сформулировать исполнителям работ требования по составу ЭД.
2. На момент сдачи супер-ЭВМ на предприятии, как правило, будет отсутствовать внятная система управления ее обслуживанием и ролевым взаимодействием основных субъектов технологии обработки информации. Идеальным решением стало бы заимствование у проектировщиков ЦОД идеи построения «операционной модели» эксплуатации и ее сертификации в авторитетной международной организации типа

Uptime Institute [5]. По понятным причинам, в связи с принадлежностью суперкомпьютеров к критическим технологиям, подобный стандарт должен утвердить отечественную валидацию. На текущий момент ситуация такова, что предприятие может заказать у исполнителей или разработать самостоятельно эксплуатационную схему, которая будет поддерживаться утвержденной руководством организационно-распорядительной документацией. Такая упрощенная операционная модель может базироваться на использовании хорошо документированного программного инструментария, включающего следующие компоненты: веб-портал техподдержки пользователей, системы мониторинга и управления счетом, развитые средства статистики для аналитиков и руководителей [6] и т.д.

4 Заключение

Таким образом, в данной работе были даны рекомендации по организации создания и внедрения высокопроизводительной вычислительной системы при выполнении функции управления проектом службой информационных технологий заказчика, которая в последующем должна будет обеспечить также сопровождение суперкомпьютерной системы. Такой процесс переносит центр ответственности на заказчика, однако способствует развитию компетенций в условиях недостатка специалистов по данной тематике на рынке труда и может вести к значительной экономии средств на проекте стоимостью в десятки миллионов долларов и продолжительностью до нескольких лет.

Список литературы

1. Воеводин, В.В. и др. «Семь дней из жизни суперкомпьютера», // Материалы четвертого Московского Суперкомпьютерного Форума (МСКФ-2013), 2013.
2. Абрамов, С.М. «Правда, искажающая истину. Как следует анализировать Top500?» // Журнал «Вестник ЮУрГУ», Серия «Вычислительная математика и информатика», 2013 г., т.2, №3.
3. Абакумов, Е.М., Козырев, Д.Б. «Вопросы создания электронной конструкторской документации при комплексном использовании системы автоматизированного проектирования Creo Parametric и PDM-системы Windchill» // Материалы 3-й международной научной конференции «Информационные Технологии и Системы (ИТиС-2014)», Издательство. ЧелГУ, 2014, стр.100-102.
4. Павлов, А., Кусакин, Д., Басистый, Д. «Управление проектом создания ЦОДа. Как сложить мозаику стандартов?» // Журнал «ИКС», 2013, № 8–9.
5. Алехин, З. «Операционная устойчивость ЦОДа: увлечение или реальная потребность?» // Журнал «ИКС», 2013, № 1–2.
6. Петунин, С.А., Новиков, А.Б., Иванов, К.В. «Проблемы и решения автоматизации суперкомпьютинга» // Материалы 2-й международной научной конференции «Информационные Технологии и Системы (ИТиС-2013)», Издательство ЧелГУ, 2013.