



# Мобильность или супервычисления: КТО КОГО?

Текст Амелин К. С., Граничин О. Н., Кияев В. И.  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Иллюстрация Владимир Камаев

Молодое поколение уже родилось в эпоху телевизоров, компьютеров, мобильных телефонов, Интернета и т. п. В разговорах со студентами мы часто ловим себя на мысли, что для большинства из них компьютер – это привычная вещь, от которой не ждут ничего необычного

Для людей старшего поколения знакомство с компьютерами начиналось с фантастических романов. Еще школьниками, не видя никогда настоящих компьютеров, многие из них были уверены, что скоро появится «Искусственный Разум», освободив нас от многих рутинных забот. Наверное поэтому люди старшего поколения, занятые в развитии информационных технологий (ИТ), острее чувствуют тенденции кардинальных преобразований. Конечно, кто-то возразит, что многие, не дождавшись за 60 лет «искусственного разума», разочаровались в перспективах, тем более что по мере развития ИТ кроме такой фантастической цели появилось огромное количество простых и сложных конкретных задач.

Новые потребности, глобализация задач, экспоненциальное возрастание сложности вычислительных систем и наметившаяся в последнее время тенденция по преодолению отставания отечественной ИТ-отрасли в развитии суперкомпьютерных вычислений («Т-Платформы», «СКИФ-Аврора» и др. проекты) заставляют уже в практическом плане задуматься о перспективах и возможной смене парадигмы «Что такое процесс вычислений?» Объективные сегодняшние тенденции – миниатюризация и повышение производительности процессоров, как это и было предсказано законом Мура, – приводят технологии к порогу развития традиционных вычислительных устройств. От приоритетов бесконечного наращивания тактовой частоты и мощности одного процессора производители переходят к многоядерности, параллелизму и т. п.

На прошедшей недавно в Абрау-Дюрсо Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет: суперкомпьютерные центры и задачи» (20-25 сентября 2010 г., г. Новороссийск) во многих докладах ставился во-

прос: «Что будет при переходе от сегодняшних производительностей суперкомпьютеров в TeraFlops к следующему масштабу – ExaFlops?» Вл. В. Воеводин говорил: «Переход к ExaScale, естественно, должен будет затронуть такие важнейшие аспекты вычислительных процессов, как модели программирования, степень и уровни параллельности, неоднородность программных и аппаратных систем, сложность иерархии памяти и трудности одновременного доступа к ней в распределенных вычислениях, стек системного и прикладного ПО, надежность, энергопотребление, сверхпараллельный ввод-вывод...». Все это неизбежно приведет к смене парадигмы высокопроизводительных вычислений. В наших работах среди новых характерных черт будущей парадигмы все более отчетливо проступают следующие:

- процесс вычисления – набор одновременно работающих асинхронных моделей взаимодействующих динамических систем;
- стохастичность;
- гибридность.

Каковы тенденции изменений в организации взаимодействий с суперкомпьютерами? Сегодня положение во многом напоминает школьный опыт одного из авторов, относящийся к концу 70-х годов прошлого века, когда разработчик записывал на специальном бланке текст программы, потом кто-то подготавливал программу к загрузке в ЭВМ («набивал» перфокарты), потом, сдав пакет (колоду перфокарт) на счет, разработчик несколько дней ждал ответа, после получения разбирался с результатом и т. п. Сейчас так же в полный рост стоит проблема организации эффективного взаимодействия с суперкомпьютером. Время сбора и подготовки данных становится критичным.

В мире ИТ уже во многих областях побеждает другая схема, в которой нет четкого выделения трех изолированных стадий: подготовка

данных, счет, анализ результатов. Этому способствовало всеобщее проникновение персональных компьютеров, смартфонов, мобильных телефонов, которые кардинально изменили представления о месте ЭВМ в обычной жизни. Компьютеры уже интегрированы во многие сферы человеческой деятельности, разработчики встраивают миниатюрные вычислительные устройства и специализированные программы вовнутрь многих процессов. В массовом сознании о роли ЭВМ в практической жизни уже произошел сдвиг от супервычислителя к мобильности, понимаемой в очень широком смысле. Противоречивость мобильности и супервычислений сейчас имеет объективные основы (разные аппаратные платформы, назначения устройств и т. п.), но не слишком ли сильно в умах людей эти аспекты противопоставляются? Посмотрим на перспективы развития супервычислений. При движении к ExaScale переход к новой парадигме вычислений приведет, наверное, к тому, что архитектура вычислительных устройств «сдвинется» в сторону, как было сказано выше, «набора одновременно работающих асинхронных моделей взаимодействующих динамических систем». На это можно смотреть как на своеобразную «внутреннюю» мобильность суперкомпьютера. С другой стороны, уже сейчас работа многих мобильных сервисов, связанных с решениями научных, прикладных и управленческих задач, обеспечивается «в облаках». За внешней простотой общения для пользователей в основе облачной технологии скрываются мощные data-центры и суперкомпьютеры. А нужно ли противопоставлять мобильность суперкомпьютерингу и воплощать в компьютерную жизнь принцип «миллионы муравьев победят слона»? Супервычислениям в будущем нет другой альтернативы, кроме как широко использовать мобильные технологии. На смену



жесткому разделению процессов – «Вход – Счет – Выход» – придет концепция с «размытыми» контурами.

В действительности мобильность и высокопроизводительные вычисления, по нашему мнению, будут все более тесно связаны. Посмотрим на пример такой традиционной области для ИТ, как «кодирование/декодирование информации».

Полвека развития со времен пионерских работ Котельникова-Найквиста-Шеннона успели убедить несколько поколений в незыблемости и правильности постулатов о минимальном числе отсчетов, необходимых для точного восстановления сигнала (функции). Но развитие технологий в 90-е годы прошлого века позволило массово перейти от обработки одномерных сигналов к изображениям, а сейчас на повестке дня стоит решение задач трехмерного телевидения. Однако реальные задачи обработки таких сигналов для традиционных средств кодирования/декодирования уже становятся «не по плечу» даже суперкомпьютерам.

Что же происходит сейчас у нас на глазах с развитием и изменением «парадигмы кодирования/декодирования»? Вместо классической появляется новая парадигма «Compressive Sensing», для которой еще даже не придумано русское название (статья О. Граничина и Д. Павленко в журнале «Автоматика и телемеханика», № 11, 2010). В чем ее суть? Пользователям в реальном времени обычно не нужна вся информация о процессах в каждый момент времени, а важно только изменение принципиальных компонент. Например, при передаче видеопотока с трехмерной сцены достаточно однократно передать общий вид и детали, выделить характерных персонажей, а потом только отслеживать их изменения. Оказывается, имея интеллектуальные сенсоры (использование принципа мобильности сбора информации), целесообразно до момента

кодирования и передачи данных вместо определения всех значений трехмерной сцены (обычно это огромное число) сначала произвести несколько «сверток» всей сцены с некоторыми рандомизированными матрицами, а потом закодировать и передать для обработки суперкомпьютеру только эти несколько измерений. А это означает, что уже сейчас можно говорить о том, что мобильность и использование интеллектуальных агентов при сборе и предварительной обработке данных может существенно сократить время подготовки данных для суперкомпьютерных вычислений. Если глубже взглянуть на новую парадигму кодирования/декодирования, то становится ясным, что при ней существенно меняется не только процесс подготовки данных, но и сам процесс обработки.

Воплощение новой парадигмы суперкомпьютерных вычислений невозможно в отрыве от подготовки новых кадров. Это очень важно при обучении студентов. Они не должны «снижать горизонт» своих амбиций, должны понимать и верить, что и на их долю осталось много важных проблем, не имеющих пока приемлемых решений. В Санкт-Петербургском университете при поддержке корпорации Intel организована Учебно-исследовательская лаборатория Системного Программирования и Информационных Технологий (СПРИНТ, СПбГУ-Intel).

Технологии высокопроизводительных вычислений и «мобильные» технологии сегодня разделены классической парадигмой, формой и содержанием задач, областью применения результатов. Их объединение произойдет само собой, когда абстрактные рассуждения будут реализованы на практике. Это можно показать на реальном примере исследовательского проекта «Мультиагентное взаимодействие группы легких беспилотных летательных аппаратов

(БПЛА)». Трудно переоценить актуальность такой задачи для России с ее огромной территорией, сельскохозяйственными угодьями, лесами, множеством газо- и нефтепроводов, ЛЭП и пожарами. При создании такой системы как раз и проявляются все обсуждавшиеся выше проблемы. Многие из задач – разведка полезных ископаемых, поиск людей, выяснение причин техногенных катастроф, плановое патрулирование территорий и т. п. – требуют для получения практических результатов применения супервычислений с огромным количеством исходных данных, которые должны поступать на суперкомпьютер в режиме реального времени. Если используются традиционные БПЛА с оператором и приемом/передачей данных по радиоканалу, то реальные автоматизированные системы «захлебываются» от потоков данных, которые надо еще сохранять и передавать компьютеру для обработки. Об обратном потоке управления БПЛА обычно даже и речь не идет, так как результаты не удается получить в реальном времени.

В проекте Константина Амелина, представленном в октябре 2010 года на «Петербургском международном инновационном форуме 2010», используется легкий планер PAPERIK: размах крыльев – 2 м, вес – 2 кг, полезная нагрузка – 500 г, скорость – 40-60 км/ч, дальность – 200 км, стоимость – 25 тыс. руб. – с бесколлекторным электродвигателем, миниатюрной камерой и бортовым микрокомпьютером Gumstix Overo Air размером 17x58 x4,2 мм, который работает под управлением операционной системы Linux, построен на основе процессора ARM Cortex-A8 с тактовой частотой 600 МГц и имеет 256 Мб памяти RAM и 256 Мб встроенной памяти NAND Flash. Связь между микрокомпьютерами разных БПЛА осуществляется за счет встроенного радиоприемника с частотой 2,4 ГГц и протоколом общения 802.11 n (Wi-Fi), в котором

применяется технология, связывающая два ближайших канала в один. Таким образом, микрокомпьютеры в БПЛА смогут одновременно принимать и отправлять информацию друг другу. Связь с базовой станцией осуществляется за счет отдельного радиоканала или через GPRS по GSM-модему.

За счет небольшого веса БПЛА взлет осуществляется с рук человека (в стандарте предполагается взлет с катапульты). Посадка – либо за счет встроенного парашюта, либо за счет «перехвата» на ручное управление. Наличие «на борту» полнофункционального микрокомпьютера позволяет использовать БПЛА не просто в режиме «удаленной видеоканалы», которая передает видеопотоки в зоне прямой радиосвязи, а как интеллектуального мобильного агента с функциями автопилота.

Такой агент способен существенно переработать исходную информацию, подготовить ее для обработки и самостоятельно автономно передать ее суперкомпьютеру по разным каналам связи – в том числе и через Интернет). Реальное ускорение в обработке данных позволит перевести в практическую плоскость и организацию автоматической обратной связи от суперкомпьютера к БПЛА с указанием возможных корректировок планов полета и наблюдений. Бортовые микрокомпьютеры со связью позволяют организовать и автономное взаимодействие внутри группы БПЛА для возможности перераспределения или уточнения заданий, обмена данными и т. п. Например, при использовании группы БПЛА для геологоразведки на определенной территории работа системы организуется следующим образом:

1. Выбирается тип задачи (в выбранном примере – геологоразведка).
2. В зависимости от площади исследуемой территории и количества БПЛА в группе, а также их характеристик территория разделяется

## Технологии высокопроизводительных вычислений и «мобильные» технологии сегодня разделены классической парадигмой, формой и содержанием задач, областью применения результатов

на участки и формируются отдельные задачи для каждого члена группы.

3. В микрокомпьютер каждого БПЛА группы записывается глобальная задача (параметры исследуемой территории и т. п.) и отдельная задача этого самолета-агента.

4. Каждый агент приступает к выполнению поставленной ему задачи.

5. Когда в зону Wi-Fi видимости одного БПЛА из группы попадает другой, при «общении» происходит передача между агентами накопленной информации и при необходимости взаимное уточнение отдельных задач.

(Таким образом, по ходу выполнения частной задачи все агенты накапливают информацию о ходе решения общей задачи группы, а также локально принимают решения о корректировке своих частных задач для более эффективного выполнения общей. Например, группа БПЛА летит по определенному маршруту, все БПЛА летят на разной высоте, при обмене информацией между членами группы выясняется наилучшая высота полета по энергозатратам, по ходу выполнения задания вся группа оперативно перестраивается на эту высоту.)

6. Базовые наземные станции, обеспечивая связь с центром обработки данных (ЦОД), принимают/передают информацию от БПЛА, находящихся в их зоне видимости или поддерживающих связь через Интернет. Так как в процессе общения между БПЛА информация о выполнении общей задачи накапливается во всех микрокомпьютерах группы, то данные даже от тех самолетов, которые редко выходят на связь, все равно попадают в ЦОД.

7. Полученная в ЦОД информация обрабатывается и визуализируется для заказчика (выдается карта с нанесенными исследуемыми характе-

ристиками).

8. Наличие обратной связи с мобильными агентами (БПЛА) позволяет оперативно формировать из ЦОД инструкции по корректировке их заданий.

Накануне сдачи статьи 28 ноября в известном физико-математическом лицее № 239 г. Санкт-Петербурга состоялись «Осенние соревнования роботов» (прохождение извилистых маршрутов, сбивание мишеней, «борьба Сумо», футбол). Участники – от школьников 6-го класса до студентов и аспирантов вузов. Перед началом игр главный судья футбольных баталий для роботов, преподаватель математико-механического факультета СПбГУ Роман Лучин прочел небольшую лекцию по компьютерному зрению и распознаванию образов, а координатор Лаборатории СПРИНТ Владимир Кияев рассказал о разработке программных приложений для мобильных платформ на базе процессора Intel Atom и о конкурсе для таких проектов «Атмосфера-2011», организованном корпорацией Intel. Футбольные баталии длились несколько часов! И если школьники управляли игроками с помощью джойстиков, то студенты построили систему управления на базе мобильных телефонов.

В заключение вернемся к названию статьи – «Мобильность или супервычисления: кто кого?»

Правомерен ли вопрос в такой постановке? Конечно, в нашем названии есть элемент провокационности. Но надеемся, что статья и дальнейший анализ реальных достижений современных ИТ убедят читателей как раз в обратном. Надо говорить не о противопоставлении этих важнейших технологий, а об их взаимном дополнении и развитии – таков ход цивилизации. 